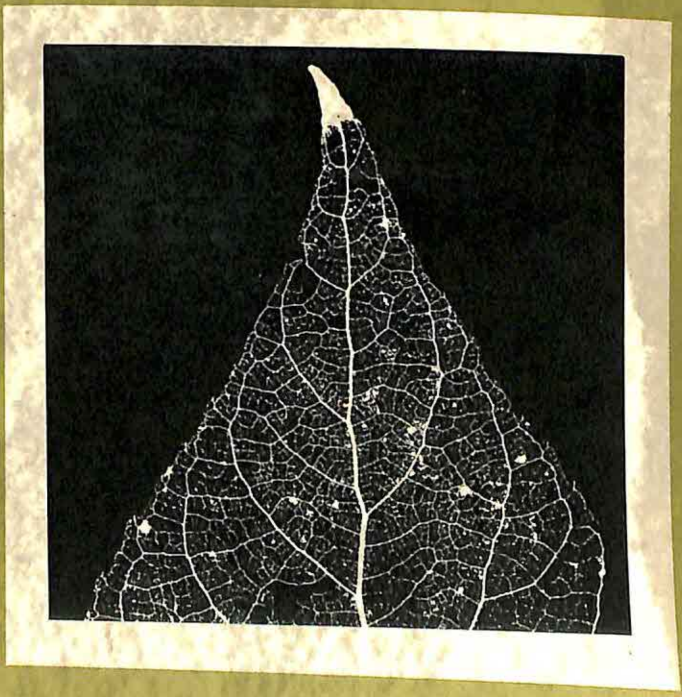
New trends in biology teaching

Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie

Volume III

With summaries in Spanish
Avec des résumés en espagnol

The teaching of basic sciences — Biology
L'enseignement des sciences fondamentales — Biologie



Unesco

The teaching of basic sciences
L'enseignement des sciences fondamentales

Titles in this series / Dans cette collection

A survey of the teaching of physics at universities. Prepared under the auspices of the International Union of Pure and Applied Physics. 1966.

L'enseignement de la physique dans les universités. Étude rédigée sous les auspices de l'Union internationale de physique pure et appliquée. 1966.

New trends in biology teaching / Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie. Prepared by / Préparé par R. Heller, professeur de physiologie végétale, Faculté des sciences, Université de Paris (France).
Vol. I : 1966
Vol. II : 1966-1967
Vol. III

New trends in chemistry teaching / Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie. Edited for Unesco by / Préparé pour l'Unesco par E. Cartwell, Deputy Director of Laboratories, Department of Chemistry, University of Southampton (United Kingdom / Royaume-Uni).
Vol. I : 1964-1965
Vol. II : 1966-1967

New trends in mathematics teaching / Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques. Prepared by the International Commission of Mathematical Instruction (ICMI) / Préparé par la Commission internationale de l'enseignement mathématique (CIEM).
Vol. I : 1966
Vol. II : 1970

New trends in physics teaching / Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique. Prepared by / Préparé par M. W. Knecht, professeur de physique, Lausanne (Switzerland / Suisse).
Vol. I : 1965-1966

Mathematics applied to physics / Mathématiques appliquées à la physique. By / par G. A. Deschamps, E. M. de Jager, F. John, J. L. Lions, N. Moisseev, F. Sommer, A. N. Tihonov, V. Tikhomirov, A. B. Vasil'eva, V. M. Volossov, D. J. A. Welsh, T. Yamanouchi. Editor / directeur de publication : E. Roubine.

New trends in integrated science teaching / Tendances nouvelles de l'intégration des enseignements scientifiques. Prepared by / Préparé par P. E. Richmond, Senior Lecturer in Education, University of Southampton (United Kingdom / Royaume-Uni).
Vol. I : 1969-1970

New trends in biology teaching

Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie

Vol. III

prepared by/préparé par
R. Heller
professeur de physiologie végétale
Faculté des sciences
Université de Paris, France

S.C.E.R.T., West Bengal
Library
Calcutta
25/3, B. C. Road

TIONAL AND PSYCHOLOGICAL
GOVT. OF W. BENGAL
LIBRARY
CALCUTTA
BUREAU OF
RESEARCH

Unesco Paris 1971

S.C.E.R.T., West Bengal
Date 24. 2. 82
Acc. No. 2788

371.3
UNE V3

2788

Original articles © Unesco 1971

Copyright in each paper reprinted in this collected edition remains in the possession of each author and publisher, from whom permission to reproduce has been obtained.

Collected edition published in 1971 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization,
Place de Fontenoy, 75-Paris-7e

Printed by Offset Aubin, Poitiers.
Printed in France
SC.70/XIV.II.9/AF

The teaching of basic sciences
L'enseignement des sciences fondamentales

Preface

Promotion of the exchange of information on the content and methodology of science teaching forms an important part of Unesco's programme to develop and improve science education at all levels. To this end, Unesco is publishing, within the collection *The Teaching of Basic Sciences*, a series of volumes entitled *New Trends in . . .* , which consist of papers and articles from leading science teaching journals on content, curricula, approaches and techniques in the teaching of the three basic sciences—physics, chemistry and biology—and mathematics.

The different volumes of the *New Trends* series published since 1967-68 represented experiments to find the best means of placing useful information on basic science teaching in the hands of as many science educators as possible at minimum cost and delay. Although the volumes were intended mainly for teachers in universities and teacher-training institutions, experience has shown that they can also help secondary-school teachers in their difficult task of keeping abreast of the rapid developments taking place in curricula, syllabuses, methods and materials for science teaching, as well as university students of biology who are training to be teachers. Science educators in national science teachers' associations, in ministries of education and on examination boards are also likely to find the information helpful.

A second volume of *New Trends in Biology Teaching* was published in 1969. This third volume presents papers originally published during recent years in leading biology teaching periodicals of the world, as well as articles written specially for it, keeping in mind the need to achieve a wide representation. Unesco asks for the continued help of readers in assuring an even more international character for subsequent volumes. It gratefully acknowledges the readiness with which editors and publishers of journals have given permission for the reproduction of papers.

Préface

L'action en faveur des échanges d'informations sur le contenu et les méthodes de l'enseignement des sciences constitue une partie importante du programme qu'applique l'Unesco pour développer et améliorer cet enseignement à tous les niveaux. A cette fin, l'Unesco publie, dans la collection " L'enseignement des sciences fondamentales ", une série de volumes intitulés *Tendances nouvelles...*, qui contiennent des études et des articles extraits des principales revues pédagogiques spécialisées et consacrées au contenu, aux programmes, à la conception générale et aux techniques de l'enseignement des trois sciences fondamentales — la physique, la chimie et la biologie — ainsi que des mathématiques.

Les divers volumes publiés depuis 1967 constituent une expérience qui vise à trouver le meilleur moyen de mettre des renseignements utiles sur l'enseignement des sciences fondamentales à la disposition du plus grand nombre possible de professeurs de sciences, au moindre coût et dans les plus brefs délais. Ces volumes s'adressaient surtout aux professeurs d'université ou d'école normale; mais on a constaté qu'ils peuvent aussi aider les professeurs du second degré dans cette tâche difficile consistant à suivre l'évolution rapide qui se produit en matière de plans d'études, de programmes, de méthodes et de matériel relatifs à l'enseignement des sciences, et servir aux étudiants en biologie qui se destinent au professorat. En outre, les professeurs de sciences qui appartiennent à des associations nationales d'enseignants, travaillent dans des ministères de l'éducation ou sont membres de jurys d'examen y trouveront probablement d'utiles informations.

Le présent ouvrage est le troisième volume consacré aux *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie.* Y ont été rassemblés, outre des articles originaux, des études publiées au cours des dernières années dans les principaux périodiques du monde traitant de l'enseignement de la biologie, l'ensemble présentant une

To simplify the use of this volume, the papers have been grouped in sections: the first section deals with general topics; the second with individual disciplines; the third with educational methods and techniques; and the fourth with local developments. This grouping should facilitate the task of introducing new topics into the biology syllabus as well as that of bringing subject matter up to date.

This volume has been prepared in close collaboration with the Commission on Higher Education in Biology of the International Union of Biological Sciences, namely Professors P. Chouard and R. Heller (France), R. A. Kille (United Kingdom), N. Lindauer (Federal Republic of Germany), D. M. Reynolds (United States of America) and F. Sladecek (Czechoslovakia). Professor R. Heller, who was the Executive Secretary of the commission, has kindly acted as co-ordinator.

The choice of papers and articles, their presentation and the opinions expressed in them are the responsibility of the editor and the authors.

large représentativité. L'Unesco demande aux lecteurs de continuer à l'aider à donner un caractère encore plus international aux prochains volumes. Elle exprime sa vive reconnaissance aux directeurs et éditeurs de périodiques qui ont bien voulu autoriser la reproduction d'articles extraits de leurs publications.

Pour que le présent volume soit d'un emploi plus commode, on a groupé les articles en plusieurs parties : la première est consacrée à des sujets généraux, la deuxième à des disciplines particulières, la troisième aux méthodes et techniques pédagogiques et la quatrième aux réalisations locales. Ce classement devrait faciliter l'inclusion de nouveaux sujets dans le programme de biologie, ainsi que la mise à jour des questions.

Ce volume a été établi en étroite collaboration avec la Commission de l'enseignement supérieur de la biologie de l'Union internationale des sciences biologiques, c'est-à-dire avec les professeurs P. Chouard, R. Heller (France), R. A. Kille (Royaume-Uni), N. Lindauer (République fédérale d'Allemagne), D. M. Reynolds (États-Unis d'Amérique) et F. Sladecek (Tchécoslovaquie). Le professeur R. Heller, secrétaire exécutif de la commission, a bien voulu se charger des fonctions de coordonnateur.

Le choix des études et des articles, leur présentation ainsi que les opinions qui y sont exprimées n'engagent que la responsabilité du directeur de la publication et des auteurs.

Foreword

The present volume of *New Trends in Biology Teaching* is the third in the series. A long introduction is, therefore, unnecessary here.

Published every two years under the auspices of Unesco by the Commission on Education of the International Union of Biological Sciences, these books are intended to help biology teachers solve the difficult problems which arise as a result of the increasing amount of knowledge that must be imparted to pupils. Science has evolved at a prodigious rate in recent years, and it now affects our daily lives to such an extent that no one can fail to be concerned by its consequences. The wide dissemination of culture at all social levels is now a reality: it has become necessary for all, of whatever trade or profession, to be fully conscious of the surrounding world in order that we may live and work together in harmony. Moreover, the constraints of modern technological societies make a knowledge of and respect for nature essential both at the psychological, individual level and that of society itself.

However, if we want to avoid superficial encyclopaedism and also lighten the time-tables so as to find time for sports, cultural and artistic activities on the one hand, and technological, agronomic initiation . . . etc., on the other, teaching techniques must be revised, integrated teaching introduced and active methods encouraged.

This volume, like the previous two, is a selection of original texts and extracts from pedagogical reviews. It does not claim to be a selection of the best articles. Every year, hundreds of excellent pages are written throughout the world on biology teaching, and choice based on quality would be impossible. We have tried, therefore, to present a representative sample.

Without losing continuity, and bearing in mind that the *New Trends* are a series of volumes which complement one another, we have laid stress on the variety of themes. Thus, a report on very easy exercises,

Avant-propos

Les *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* en sont à leur troisième volume. Point n'est besoin d'une longue présentation.

Ces ouvrages, publiés tous les deux ans sous les auspices de l'Unesco par la Commission de l'enseignement de l'Union internationale des sciences biologiques, sont destinés à aider les enseignants en biologie à résoudre les difficiles problèmes que leur pose la masse de plus en plus impressionnante de connaissances à inculquer à leurs élèves. L'évolution de la science, prodigieusement accélérée ces dernières années, a des implications telles sur notre vie quotidienne qu'aucun homme n'échappe à ses conséquences. La culture, nul ne s'en plaindra, se répand dans tous les milieux et, quel que soit le métier exercé, une prise de conscience intelligente du monde qui nous entoure est devenue une condition indispensable pour l'exercice harmonieux des activités humaines. Dans des sociétés soumises à des contraintes techniques déprimantes, la connaissance et le respect de la nature sont une nécessité tant pour la psychologie de l'individu que pour la vie sociale.

Si l'on veut pourtant échapper au risque d'un encyclopédisme superficiel, dégager dans les emplois du temps des libertés suffisantes aux activités sportives, culturelles et artistiques et y prévoir la place nécessaire à une initiation technologique, agronomique ou autre, il faut revoir les techniques pédagogiques, prévoir des cours intégrés, faire le plus large appel aux méthodes actives.

Ce volume, comme les deux précédents, est un recueil de textes originaux et d'extraits de revues pédagogiques. Il ne peut prétendre être une sélection des meilleurs articles. Chaque année des centaines de pages excellentes sont consacrées dans le monde à l'enseignement des sciences biologiques. Un choix basé sur leur qualité n'aurait pas le moindre sens. C'est en fait un échantillonnage que nous avons voulu réaliser.

Sans aller jusqu'à la pulvérisation et en n'oubliant requiring no apparatus, such as those performed on flies in Tananarive, appears together with a report on the use of a computer in the study of meiosis at the University of Paris; there are general reflections on the mission of the university, or on human biology teaching, as well as notes on the observation of cork-oak trees or baobabs.

We have tried to introduce a similar variety in the treatment of geographical areas. However, in keeping with Unesco's mission, we have mostly considered the developing countries. For in these countries, more than elsewhere, the necessities of everyday life call for realistic teaching, and the absence of old structures facilitates the introduction of new methods.

R. HELLER
Professor of Plant Physiology
Faculty of Science, Paris

pas que les *Tendances nouvelles* forment une série dont les tomes se complètent, nous avons mis l'accent sur la diversité des thèmes. On ne s'étonnera pas, par exemple, d'y voir le compte rendu d'exercices très simples, ne nécessitant aucun appareillage, comme ceux réalisés à Tananarive sur les mouches, voisinant avec la relation d'expériences pédagogiques aussi ambitieuses que la mise au point à la Faculté des sciences de Paris de l'emploi d'un ordinateur pour étudier la méiose; ou, à côté de réflexions générales sur le rôle de l'université ou sur l'enseignement de la biologie humaine, d'y trouver des indications concrètes sur ce que peut apporter aux élèves l'observation du chêne-liège ou du baobab.

Cette variété, nous avons essayé de l'introduire aussi dans les zones géographiques concernées. Mais, fidèles à la vocation de l'Unesco, c'est surtout vers les pays en voie de développement que nous nous sommes tournés. Les exigences de la vie quotidienne y imposent plus qu'ailleurs un enseignement réaliste tandis que l'absence de structures trop anciennes y facilite l'introduction des méthodes nouvelles.

R. Heller
Professeur de physiologie végétale
à la Faculté des sciences de Paris

Manuscripts for the next volume, written in English, French or Spanish and accompanied by a 10- to 20-line summary, should be forwarded in duplicate to one of the persons whose names appear below. We are extremely anxious to receive information, however brief, regarding existing institutes or associations concerned with biology teaching, so as to enhance the documentary value of the publication.

Members of the Editorial Committee

R. Heller, Plant Physiology, 1 rue Victor-Cousin, 75 Paris-5e (France). [In addition to general coordination, specially responsible also for collecting data in Western Europe and in the French-speaking countries of Africa and the Middle East].

R. A. Kille, Department of Zoology, Ashworth Laboratory, West Mains Road, Edinburgh 9 (United Kingdom). [Commonwealth, and countries of Europe, Africa and Asia where English is used more than French.]

N. P. Naumov, Faculty of Biology, Moscow State University, Moscow B-234 (Union of Soviet Socialist Republics). [Socialist countries.]

D. Reynolds, Department of Bacteriology, University of California, Davis (United States of America). [America.]

Other members of the IUBS Commission on Education

Professor P. Chouard, Plant Physiology, 1 rue Victor-Cousin, 75 Paris-5e (France).

Professor F. Sladecek, University Karlova, Vinicna 7, Praha (Czechoslovakia).

Professor N. Lindauer, Zoologisches Institut-Universität, Siesmayerstrasse 70, Frankfurt/Main 6 (Federal Republic of Germany).

Les manuscrits sur le prochain volume sont à adresser (en double exemplaire, rédigés en anglais, en espagnol ou en français, et précédés d'un résumé de 10 à 20 lignes), à l'une des personnalités suivantes. Nous attachons beaucoup de prix à recevoir des indications, même succinctes, sur les institutions ou associations existantes qui s'intéressent à l'enseignement de la biologie, de manière à amplifier le caractère documentaire de cet ouvrage.

Membres du Comité de rédaction

R. Heller, Physiologie végétale, 1, rue Victor-Cousin, 75 Paris-5e (France). [Plus spécialement chargé, en plus de la coordination générale, de la collecte du matériel en Europe occidentale et dans les pays d'Afrique et du Moyen-Orient francophones.]

R. A. Kille, Department of Zoology, Ashworth Laboratory, West Mains Road, Edinburgh 9 (Royaume-Uni). [Commonwealth, pays d'Europe, d'Afrique et d'Asie où l'anglais est plus en usage que le français.]

N. P. Naumov, Faculté de biologie, Université d'État de Moscou, Moskwa B-234 (Union des républiques socialistes soviétiques). [Pays socialistes.]

D. Reynolds, Department of Bacteriology, University of California, Davis (États-Unis d'Amérique). [Amérique].

Autres membres de la Commission de l'enseignement de l'UISB

Professeur P. Chouard, Physiologie végétale, 1, rue Victor-Cousin, 75 Paris-5e (France).

Professeur F. Sladecek, Université Karlova, Vinicna 7, Praha (Tchécoslovaquie).

Professeur N. Lindauer, Zoologisches Institut-Universität, Siesmayerstrasse 70, Frankfurt/Main 6 (République fédérale d'Allemagne).

Contents

Table des matières

1 *General / Sujets généraux*

LURIA, S. E.; LURIA, Zella. The role of the university: ivory tower, service station, or frontier post? 15
(*Daedalus*, Journal of the American Academy of Arts and Sciences, vol. 99, no. 1, winter 1970, p. 75-83.)

GOHAU, G. Un esprit nouveau dans l'enseignement des sciences naturelles 26
(*L'information scientifique*, nº 2, 1967, p. 90-96. Paris, J. B. Baillière et Fils.)

KOOI, Beverley Y.; GEDDES, Cleone. The teacher's role in computer assisted instructional management 34
(*Educational technology* (New Jersey), vol. 10, no. 2, 1970, p. 42-45.)

HANSEN, Duncan N.; HARVEY, William L. Impact of CAI on classroom teachers 39
(*Educational technology* (New Jersey), vol. 10, no. 2, 1970, p. 46-48.)

ANDRIEUX, B.; ANXOLABÉHÈRE, D.; DAUGERAS, N.; FISZER, J.; LAUTHIER, M. Pédagogie et programmation. Une expérience d'enseignement de biologie assisté par ordinateur à la Faculté des sciences de Paris (PCEM) 43
(*Enseignement programmé*, nº 8, 1969, p. 21-33 et 36-45. Paris, Dunod-Hachette.)

MALEK, I. Interdisciplinary science teaching 66

SLADECEK, F. Some remarks on interdisciplinary science teaching in biology 70

Congrès sur l'intégration des enseignements scientifiques / Congress on the Integration of Science Teaching, Droujba (Bulgarie). Paris, CIES, 1968. 74

HELLER, R. *La biologie dans le cadre d'un enseignement intégré*. Rapport présenté au Congrès sur l'intégration des enseignements scientifiques de Droujba (Bulgarie). Paris, CIES, 1968 99

HARDING, D. E.; VOLKER, R. P.; FAGLE, D. L. Planning a science center 104
(*Creative biology teaching* (Ames, Iowa), 1969, p. 76-95. Iowa State University Press.)

JENNINGS, A. J. The preparation of graduate biologists for teaching 126
(*Journal of biological education*, vol. 3, no. 4, 1969, p. 299-309.)

2 *Individual disciplines / Disciplines particulières*

JERNE, N. K. Antibodies and learning: Selection versus instruction 143
(In: G. C. QUARTON; T. MELNECHUK; F. O. SCHMITT (eds.), *The neurosciences. A study program*, p. 200-205. New York, Rockefeller University Press, 1967. 962 p.)

NELSON, P. G. Brain mechanisms and memory 151
(In: G. C. QUARTON; T. MELNECHUK; F. O. SCHMITT (eds.), *The neurosciences. A study program*, p. 772-775. New York, Rockefeller University Press, 1967. 962 p.)

M'BARECK, G.; SASSON, A. Réflexions sur l'enseignement de la biologie humaine dans les établissements secondaires d'Afrique 157

FAO. Éducation du public en matière de nutrition 164
(*L'alimentation et la nutrition en Afrique*. Nº 4 du *Bulletin de la Commission régionale mixte FAO/OMS/CCTA pour l'alimentation et la nutrition en Afrique*, 1969, p. 17-30.)

CAULTON, E. An ecological approach to biology 179
(*Journal of biological education*, vol. 4, no. 1, 1970, p. 1-10.)

DARNELL, R. M. Evolution and the ecosystem 192
(*American zoologist*, no. 10, 1970, p. 9-15.)
TINBERGEN, N. On war and peace in animals and man 200
(*Science*, vol. 160, 1968, p. 1411-1418.)
CHRISTIAN, J. J. Social subordination, population density, and mammalian evolution 210
(*Science*, vol. 168, 1970, p. 84-90.)

3 *Educational methods and techniques / Méthodes et techniques pédagogiques*

GUILD, W. J. Putting visual aids into perspective 221
BINDER, A. L'usage des auxiliaires audio-visuels au cours de sciences naturelles 229
(*Rayonnement*, nº 1, 1968, p. 29-34. Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive).)
GOULDING, K. H.; Merrett, M. J. Experiments on enzyme induction in *Chlorella pyrenoidosa* . . 237
(*Journal of biological education*, vol. 4, no. 1, 1970, p. 43-52.)
CAUSIN, A. L'opération sur l'animal dans l'enseignement du second degré 248
(*Bulletin de l'Association des professeurs de biologie et de géologie* (Paris), nº 1, 1967, p. 1-10.)
RANDRIAMAMONJY, F. La mouche : exercices d'observation et expériences quantitatives 260
(*Rayonnement*, nº 5, 1969, p. 4-19. Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive).)
RANDRIAMAMONJY, F., et une équipe d'élèves professeurs. Analyse quantitative d'un milieu naturel 272
(*Rayonnement*, nº 2, 1968, p. 78-83. Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive).)
BEAUDET, C. Un essai pédagogique destiné aux classes de sciences naturelles de l'enseignement secondaire : le chêne-liège et son milieu . . . 278
(*Bulletin de la Société des sciences naturelles et physiques du Maroc*, vol. 49, 1969, p. 3-30.)
TOURY, J.; LUNVEN, P.; GIORGI, R.; JACQUESSON, M. Le baobab, arbre providence de l'Africain . . 307
(*Annales de la nutrition et de l'alimentation* (Dakar), vol. XI, nº 6, 1957, p. 99-102.)

4 *Local developments / Réalisations locales*

EWER, D. W. A-level biology in West Africa: a new syllabus 313
(*Journal of biological education*, vol. 3, 1969, p. 271-282.)
NINAN, V. Biological education in relation to manpower requirement in the Western State of Nigeria 328
(*Meeting on Environmental Education in School Curriculum, sponsored by the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources and Unesco*, 1970, p. 1-8.)
MORIKAWA, Hisao. Science education centers in Japan 337
(*Second Asian Regional Conference on School Biology, August 1968*, p. 99-110. Tokyo, Asian Association for Biology Education, 1968.)
YANG, Jong-Hsiang. Improvement achieved in biology teaching by the Republic of China . . 351
(*Second Asian Regional Conference on School Biology, August 1968*, p. 117-120. Tokyo, Asian Association for Biology Education, 1968.)
COPP, D. J. B. The Institute of Biology and the teacher 357

Documentation

1. Associations internationales / International associations 365
2. Documentation par pays / Documentation by country 366

1

General

1

Sujets généraux

Reprinted from *Daedalus*, Journal of the American Academy of Arts and Science, vol. 99, no. 1, winter 1970, p. 75-83

S. E. AND ZELLA LURIA

The Role of the University: Ivory Tower, Service Station, or Frontier Post?

THIS ISSUE of *Dædalus* deals with the governance of the university. The term governance recalls the word *gouvernail* or rudder: that which steers a vessel toward its goal. One can describe the rudder and its operation without any assumptions as to the destination of the ship. But is that the interesting problem? In dealing with the governance of the university, are we not asking at least as much where it goes as how it gets there?

A more significant, although still imperfect, analogy is that of biological evolution. Biochemistry and physiology tell us how organisms function, whereas evolutionary biology tells us how the organisms that exist came to be, and why they appear to be so well adapted to the existing conditions as to give to evolution its seemingly purposive and to some extent predictable character. The purposiveness of evolution is only an apparent one: It stems from the passive adaptiveness of living organisms to their environment. In social phenomena, including the conduct of the university, a dimension other than structure and history enters the picture: the dimension of conscious purpose. Man sets goals and tries to fit the means to those goals. Thus, the goals of the university at any given stage of society must dictate its structure, even though vestiges of obsolete structures may remain as tokens of the past—such as the pageantry of commencements and of football games.

If the goals of a university must dictate its structure, what determines the goals themselves? Inevitably these goals and the set of values that underlies them reflect the values and goals of the society around the university. The critical question is the nature of the reflection. Is it to be an undistorted, uncritical reflection, like that of a plane mirror whose function is simply to reproduce what is presented to it? Or a protective reflection, like

New trends in biology teaching, vol III.

that of an insulating surface that excludes external influences from the interior of an object? Or a critical reflection that analyzes the input of external signals and filters it through a discriminating system of evaluative devices?

In less fanciful terms, the key question for any institution, and for the university in particular, is its ethical interaction with the society in which it operates. This interaction may result in acceptance of the predominant values, which become identified as the university's own; or it may lead to a rejection of society's values and a withdrawal into the traditional ivory tower; or it may generate a critical, creative relation between society and university. It is the thesis of this article that the latter kind of interaction both befits the university and ultimately benefits society the most. It is an interaction that requires, on the part of the university, a complex mixture of commitments: commitment, on the one hand, to being a creative force in the historical process, deeply and passionately involved in the affairs of society, and, on the other hand, to providing society with the intellectual stewardship that can come only from rigorous, dispassionate analysis of reality.

Traditionally, our universities have had three functions—education, scholarship, and service. In earlier times, the educative and scholarly functions were closely allied, and the service function was only a minor one. In the complex technological society of today, the service functions have grown enormously, and the educational and scholarly functions (at least in the natural and social sciences) have come increasingly close to the service functions. The university provides society with experts and expertise. The reasons for these changes are to be found not only in the demands of society to which the university responds, but also in the fact that the organization of the university and its sources of livelihood reflect the structural organization of our society itself. This has generated the entrepreneurial system of the American university, in which the policy-initiating bodies—both administrations and faculties—acting in the manner of capitalist entrepreneurs have become actively and competitively involved in seeking out what kinds of intellectual pursuits society could use (and therefore be willing to support) and in developing the corresponding programs of research, education, and service. Unquestionably, this entrepreneurial system has contributed to make the American university the flourishing and effective institution that it is today. In fact, this aspect of the American university provides a model for many of the reforms now attempted in Europe and elsewhere to make universities in those countries more efficient and more responsive to social realities.

But the entrepreneurial system, for all its productive activism, has an inherently passive quality. Drawing its inspiration from the surrounding society, it asks itself only what it can do for society as it is, rather than what role it can play in the evolution of society. Yet, many people believe that the university has a critical responsibility to interact with society in an active rather than a passive role. One may even go further and state that, in a society that is losing its traditional religious-metaphysical sources of values, the university, as the institution charged with the intellectual and educational formation of the youth, has the responsibility of stepping into the resulting vacuum and providing the seat of the search for new functional sets of values. In brief, the university must be prepared to be the intellectual and ethical forum of the lay society.

The great religions of humanity—Judaism, Christianity, Islam, Marxism-Leninism—even though they embodied realistic reactions to social situations existing at a given time, inevitably became immobilized in dogmatic, authoritarian codes of intellectual beliefs and moral behaviors because of their metaphysical assumptions. The challenge of technological society, with its rapidly changing objective situations, poses the problem of generating an evolutionary system of values suitable to such an unprecendented social environment. A biological analogy can provide some useful hints.

Biological evolution is an essentially opportunistic process. It selects what is fit (that is, reproductively successful) in *the immediate present.* Yet what is finally selected are those lines of descent that remain fit (in the same reproductive sense) over longer times, even in changing situations. Thus, evolution selects populations for adaptability (the capacity to tolerate a range of situations) and for plasticity (the ability to respond to changing situations with a change in genetic structure). Both of these properties are functions of the range of genetic endowments present in a population. Any biological analogy to social phenomena is bound to be somewhat distorted because social and cultural evolution does not duplicate biological evolution. Cultural evolution is Lamarckian—treasuring its acquired characters—and is deeply influenced by conscious purpose, whereas biological evolution is Darwinian and knows only causes, not purposes. Yet both processes have one feature in common: the role of adaptability and plasticity in determining long-run fitness. If a culture and a society are to flourish, their conceptual and ethical frameworks must fit the real and changing environment. Hence, these frameworks must be adaptable, plastic, intrinsically self-critical, and persistently self-revising. No agency in society is better suited to carry out the function of criticism and revision than the university, permeated as it is (or should be) with the spirit of free inquiry and the commitment to factual truth.

There is a danger that the plasticity of social attitudes and ethical values may be interpreted in a purely automatic way. Plasticity can mean several different things: a creative sensitivity and responsiveness to changing environmental conditions, or a passive submission to external pressures, or an aimless swaying with the winds of change. The third interpretation leads to acquiescence with and encouragement of all sorts of faddism; the second, to the very identification with the societal establishment that the entrepreneurial activities of universities tend to foster. Passive acceptance of the goals and values of society deprives the university of the claim to intellectual leadership and encourages its involvement in ventures of dubious ethical and intellectual value.

It is interesting to note here that adoption by the university of a passive attitude toward society as a source of values differs little in its consequences from the opposite choice—to ignore such values and to live in a self-centered illusion of spiritual purity. Withdrawal into the ivory tower amounts in practice to an endorsement of the *status quo*. In fact, by removing a large segment of intellectually alert individuals from the field of actual involvement in the affairs of society, the attitude of the ivory tower encourages the use of rational knowledge for irrational purposes. The scholar who scorns involvement in the life of the commonwealth assumes a burden of responsibility for the misuses to which the products of his scholarship may be put by the society from which he has supposedly kept himself aloof.

The remaining alternative is for the universities to accept openly an active role in social experimentation. Even though to do so represents a departure from some cherished illusions of neutrality and detachment, it amounts only to acknowledging the real situation and making the university's role in society less ambiguous. The university today is a major business enterprise, preempting facilities of increasing magnitude and competing with other sectors of the community for funds and *Lebensraum.* Moreover, through its service functions, whether carried out institutionally or by individuals, the university plays a much greater role in the affairs of society than many of its members are willing to admit. But this role has too often been a passive rather than a creative one—that of a service station rather than a frontier post. The university will be on sounder ground if it makes its role in social affairs explicit and creative by exploring the problems of society in the spirit of free, critical experimentation that has characterized its involvement in the natural sciences. In fact, such an approach to society's problems is clearly appropriate to the university's mission of intellectual stewardship.

The tasks that face the investigator in the social sciences are, of course, different from those encountered in the natural sciences. The natural scientist searches for the laws that rule events in the world of material objects, inanimate or living. Understanding of these laws allows prediction of future events under defined conditions and permits the evolution of a technology directed to the solution of specific practical tasks. Engineering and medicine are typical technological outgrowths of natural science. In their technical content (not in their applications!), these outgrowths are as value-free and socially neutral as their parent sciences. They are part of the intellectual enterprise of man, which aims both at understanding the world we are part of and at developing means to control and alter it. How these means are then used is where the problem of responsibility comes into play.

The social sciences attempt, in principle, to follow the same patterns, searching for laws that rule human events and deriving predicting schemes, on the basis of which a social technology may evolve. But here the distinctions are more easily blurred. The perception of social events and their interpretation are deeply influenced by the fact that the social scientist is part of the society that he studies. Furthermore, experimentation in the affairs of society can seldom be done under the relatively neutral conditions available to the natural scientist since all experimentation involves active involvement in the process of social change. The question of responsibility cannot be separated from the testing of hypothesis: Studying society in a scientific, experimental way means interfering with the course of events. There can hardly be value-free social inquiry and experimentation. The university has attempted to preserve an apparent neutrality and detachment by segregating its own activities in the social sciences into scholarly and service functions. It has carried out supposedly value-free research in its academic departments and has done its practical interaction with society by lending its talents and know-how to outside agencies—government, industry, foundations, or other institutions.

Such segregation of functions provides only the appearance of a value-free, "scientific" atmosphere in the social sciences. Most social science theory and research rests on unstated ethical assumptions. In a stable society, the prevailing unanimity of social values makes it easier to ignore the implicit assumptions. But when the supposed unanimity breaks down and deep divisions become apparent within society, the range of value choices is wider and the implications of these choices are clearer. The illusion of a value-free position becomes untenable.

At such times, many of the service activities of social scientists stand revealed as *de facto* participation in the practices of the social Establishment. Likewise, the academic critics of the *status quo*, hesitant to involve the supposedly neutral university in controversial social experiments, can exercise their role as experts only within agencies or groups committed to social reform. Thus, the insistence that the university preserve a value-free intellectual environment leads to a displacement of the active, creative market place of ideas away from the university.

The consequences of this displacement affect the content and the course of social experimentation. When carried out by agencies committed to specific social theories, it tends to avoid self-criticism and to generate self-fulfilling predictions. If this experimentation were done by diverse scholars from within the university, as an integral part of professional research, it could more easily be carried out in a spirit of intellectual integrity and mutual criticism, with awareness of the underlying assumptions, willingness to accept results that contradict the assumptions, and commitment to full disclosure of findings and conclusions. The findings of experimentation in social affairs done under such conditions would be more easily interpretable to the public at large, who in the last instance must make the relevant choices.

Restraints on the university from open independent participation in social experiment are numerous: faculty tradition of scholarly detachment, administrative concern over financial support, and trustees' conservative interpretation of their responsibility. En-

S.C.E.R.T., West Bengal
Date 24. 2. 82
Acc. No. 2788

couragement of greater participation, on the other hand, comes from many sources: pressures of the local communities reacting to the impact of the universities on their economic and social life; demands of socially deprived groups claiming their share of education and services; and prodding by concerned groups of students and faculty committed to the search for effective solutions to social ills.

Inevitably, students' misgivings against society translate themselves into criticism of the academic community. Interestingly enough, student critics object not only to the university's pretended detachment from pressing social problems and to its actual participation in the activities of society's Establishment, but also to the "neutral," scholarly approach in much of their social science education. These criticisms ought to be heeded because they have much to offer in a constructive direction. At its best, student criticism is not a nihilist reaction to an affluent society, but a demand for integrity of purpose and for more unity between theory and practice, both in the university and in society. In the United States, student unrest is not so much a revolt against traditional values as a revulsion against a society that at times seems to betray its own proclaimed values.

Is it possible for the university to find a response that recognizes the legitimacy of the new challenges and yet preserves both the structure of the university as a viable institution and the integrity of its intellectual and educational mission?

The concept of a critical and constructive experimentation in the area of social inquiry may offer a positive answer by providing a kind of "engagement" (in the sense of the French word *engagement*) different from that of partisan action groups or political parties. The university may use critical experimentation in social situations in order to find out what approaches are effective in altering such situations and what results are to be expected from such actions. Such experimentation may take place within the university itself—for instance, in creating educational and employment opportunities. The recent beginnings toward developing and promoting experimental programs for black and other minority students are obvious examples; much more can be done in this and similar areas. External experimentation may involve, for example, organizing economic or political structures directed at the solution of specific community problems.

Once the university accepts a responsibility to experiment in

S.C.E.R.T., West Bengal
Library

3713
UNE V3

the process of social change, its educational role also takes on new dimensions. In a return to the true humanistic and Socratic traditions, the university can train its students to explore and evaluate, in a meaningful societal setting, the consequences of specific choices and decisions. The insulating partitions between learning, teaching, and acting in the real world become less rigid, and the intellectual enterprise acquires a new, more integrated character.

Factual knowledge obtained in active experimentation and providing a rational basis for decision-making can even contribute a source of personal values. In the same way that being part of the process of biological evolution confers biological meaning to the life of individual organisms, being part of the intellectual enterprise as a rational source of social decision as well as of transmissible knowledge confers meaning to the life of the individual man. By fostering participation of its students in the human enterprise as intellectually trained and socially involved individuals, the university can contribute more effectively to their personal development.

The involvement of the university in social experimentation within the framework of rigorous intellectual inquiry is important in another respect. In the complaints recently raised against the universities, one hears much talk of the need for relevance. This is too often interpreted as a demand that scholars, scientists, and students relinquish the pursuits of "purely intellectual content" and engage in other, more immediately applied tasks. Coupled with this demand is a rising criticism of the natural sciences (as sources of a technology whose anarchistic applications threaten human society) as well as of the humanities (as some sort of bead-game played by parasitic inhabitants of the ivory tower). Criticism of natural science is particularly disturbing when it takes the form of anti-rationalism, rejecting the most valuable content of the intellectual tradition because it has failed to solve the social problems that arise from the technological revolution. Yet it may well be that only a rational application of a scientific social technology tested by experiment can solve the problems that arise from industrial technology.

The university can make a meaningful response to the criticism of its scholarly activities neither by kowtowing apologetically to all faddistic pressures nor by assuming an attitude of supercilious indifference. It must be responsibly involved in the affairs of society, in the dual role of scientific experimenter and custodian of the integrity of the intellectual enterprise. Thus the university responds to the challenge by becoming purposefully and actively engaged in the adventure of the social process.

How can the governance of the university foster a lively, critical, constructive "engagement" in the activities of an evolving society? There is a role to be played by every group in the university community. Student involvement in the decision-making process as well as in the actual day-to-day machinery of university operation is already becoming widespread and is needed to make the university responsive to the problems of present and future generations. Faculty initiative is more necessary than ever to preserve in such a university the rigorous process of intellectual integrity and to assure that all university activities retain the educational and evaluative content too often lost sight of in the passive kinds of service activities. The trustees, if their role is to endure and to be a useful one, must see as their trust the preservation of community support to the university even when the latter makes itself a gadfly of society and even an active participant in social experimentation.

We are all too familiar with the concern that radical students may destroy the university in the process of trying to change society, the university being the societal structure most readily available to their criticisms and vulnerable to inside disruption. But, in fact, the university is worth preserving for the very purposes proclaimed by the radical reformers. In our society, the university may be the most effective structure through which intellectual forces can be put to use in influencing the course of social evolution in a rational way. In order to be effective in this role and to prove its critics wrong, however, the university may have to assume responsibilities and attitudes different from its traditional ones.

Le rôle de l'Université

S.E. et Zella Luria

(Résumé)

L'Université ne doit pas se retirer dans sa tour d'ivoire, mais établir avec la société qui l'entoure une relation critique et constructive.

Traditionnellement, l'Université a eu trois fonctions : éducatrice, dispensatrice de savoir et service public. A noter l'importance croissante de cette dernière fonction dans la société technologique d'aujourd'hui à laquelle l'Université fournit ses experts. D'où cet aspect de l'Université américaine, sorte d'entreprise de nature capitaliste, où l'on s'efforce de définir les besoins de la société et de développer des programmes de recherche correspondants.

L'inconvénient de ce système est sa passivité : l'Université se contente de se demander ce qu'elle peut faire pour la société telle qu'elle est, sans rechercher à jouer un rôle dans son évolution ; or l'acceptation des buts et des valeurs d'une société donnée prive l'Université de son rôle de leader intellectuel. Aussi doit-elle ouvertement assumer son rôle actif dans la menée des affaires sociales.

En sciences humaines, il ne saurait être question de neutralité scientifique, pour la bonne raison que le sociologue fait partie de la société qu'il a pour tâche d'étudier ; d'où sa responsabilité et l'obligation où il se trouve, sous peine de voir se transformer sa prétendue neutralité en démission pure et simple, de prendre position, quitte à remettre éventuellement sa propre théorie en question. Dans cette perspective, il faut tenir compte de certaines critiques faites par des étudiants d'une Université soi-disant détachée des problèmes sociaux, d'une approche trop "neutre" de ces problèmes dans l'enseignement qu'ils y reçoivent. Il ne s'agit pas nécessairement d'une réaction négative à la société d'abondance ; les étudiants réclament en fait une unité plus grande entre théorie et pratique, à la fois dans l'Université et dans la société.

Plus que d'une révolte contre des valeurs particulières, il s'agit du rejet d'une société infidèle aux valeurs qu'elle s'est donnée.

L'Université ne pourra répondre à l'engagement qui lui est ainsi demandé, sans compromettre l'intégrité de sa mission intellectuelle et éducatrice, qu'en favorisant la participation des étudiants aux discussions et en rendant moins étanches les cloisons entre l'enseignement et la participation à la "chose publique".

La finalidad de la Universidad

S.E. an Zella Luria

(Resumen)

La Universidad no debe aislarse en su torre de marfil sino establecer con la sociedad una relación critica y constructiva.

Tradicionalmente desempeñó tres funciones : educadora, dispensadora de cultura, y servicio público. Nótese la importancia cada vez mayor de esta última función en la sociedad tecnológica de hoy, a la cual la Universidad proporciona los peritos. De ahí el aspecto de la Universidad americana, un género de empresa con carácter capitalista en donde se intenta definir cuales son las necesidades de la sociedad y desarrollar los programas correspondientes de investigación.

El inconveniente de este sistema es su pasividad : la Universidad se contenta con preguntarse lo que puede hacer para la sociedad tal cual es, sin tratar de desempeñar un papel en su evolución. Ahora bien la aceptación de los objetivos y valores de una sociedad dada priva la Universidad de su finalidad de leader intelectual. Por eso debe asumir francamente su papel activo en el manejo de los asuntos sociales.

En ciencias humanas no se puede hablar de neutralidad científica puesto que el sociólogo pertenece a la sociedad que tiene por misión estudiar ; de ahí que es responsable y está obligado a decidirse a favor o en contra so pena de que se transforme su presunta neutralidad en demision pura y sencillamente, sin perjuicio que, llegado el caso, vuelva a poner en tela de juicio su propia teoría. En esta perspectiva, hay que tener en cuenta ciertas criticas que estudiantes de una Universidad, aparentemente apartada de los problemas sociales, formularon con respecto al enfoque demasiado neutro de tales problemas en la enseñanza que reciben en dicha Universidad. No se trata necesariamente de una reacción negativa a la sociedad de abundancia ; los estudiantes exigen en rigor mayor unidad entre teoría y práctica en la Universidad a la par que en la sociedad.

Se trata no tanto de una rebelión contra valores especiales sino de la desestimación de una sociedad infiel a los valores que ha escogido.

Sólo favoreciendo la participación de los estudiantes en las discusiones y haciendo más franqueables las vallas entre la enseñanza y la participación a la actividad publica podrá cumplir la Universidad con el compromiso que solicitan de ella, sin comprometer la integridad de su misión intelectual y educativa.

Extrait de *L'information scientifique* (Paris), n° 2, 1967, p. 90-96

Un esprit nouveau dans l'enseignement des Sciences naturelles

par **Gabriel GOHAU**
Professeur agrégé au lycée Janson-de-Sailly

Les Sciences naturelles ont la fâcheuse réputation d'être une discipline « de mémoire ». Lorsqu'on veut mettre en relief les tendances « encyclopédiques » de l'enseignement secondaire, il est d'usage de choisir des exemples dans les programmes de biologie et de géologie. On se demande pourquoi, car la mémoire intervient dans toutes les disciplines et certaines, sinon toutes, en exigent beaucoup plus que les sciences naturelles.

Il est certain que jadis le naturaliste pouvait être considéré comme un original connaissant une foule de noms savants et que cela se répercutait dans l'enseignement. De telles critiques ne sont plus valables depuis longtemps et personne ne peut nier que de solides connaissances de biologie sont indispensables, aujourd'hui, à tout homme. « *Que la biologie ne fasse pas encore partie de la culture générale, que des gens se puissent croire cultivés, alors qu'ils ne savent rien du principal, est à nos yeux le signe d'une sorte de barbarie intellectuelle. Il faudra qu'on finisse par comprendre qu'un minimum de savoir biologique n'est pas un luxe culturel, un ornement facultatif de l'esprit, mais une pièce maîtresse de l'entendement.* »

(J. ROSTAND.)

Conscient de l'importance de son enseignement, le naturaliste s'est appliqué depuis toujours à le moderniser, en en renouvelant périodiquement la matière et l'esprit, à mesure du progrès de nos connaissances, tant en biologie qu'en pédagogie. On assiste actuellement, dans le second degré, à une évolution des méthodes d'enseignement, que l'élaboration, en 1966 de nouveaux programmes pour les classes du second cycle, a rendue sensible.

Quel est le sens de cette évolution?

Il est toujours malaisé de saisir la signification d'un événement en cours et auquel on participe soi-même, et je puis me tromper complètement. Je vais pourtant honnêtement m'efforcer de dégager ce qui me paraît l'essentiel de l'actuelle révolution. Évidemment cette opinion n'engage que moi.

⁂

On a reproché à ceux qui furent nos maîtres d'accorder une place excessive aux exposés théoriques et de négliger par trop les manipulations réalisées par les élèves. En réaction contre ce « dogmatisme », le naturaliste d'aujourd'hui fait de l'*exercice pratique* l'élément central de son enseignement. Les quelques phrases qui suivent expriment parfaitement cet esprit nouveau :

« *Chaque fois que nous le pouvons, nous étudions l'animal présenté vivant. L'enseignement* a priori *délaissé, l'initiation doit être faite de choses vues. Le maître est le guide qui fait naître la curiosité, oriente les observations afin qu'elles soient faites avec fruit; mais les élèves, tous ensemble s'efforceront de répondre aux questions posées et peuvent faire, au surplus, toute remarque qui leur semble bonne, si bien qu'ils ont l'impression encourageante d'avoir trouvé eux-mêmes... L'enfant retiendra parce qu'il a vu et trouvé lui-même... Il a fallu vraiment que le fatras des termes techniques rendît bien fastidieuses et obscures des choses par elles-mêmes amusantes et faciles, pour que les Sciences naturelles aient acquis parfois la triste réputation d'exercice de mémoire.* »

Je m'arrête là : bien d'autres phrases tout aussi modernes pourraient être extraites du même texte qui date pourtant... de 1930. Il s'agit, en effet, du discours de distribution des prix que prononçait, devant les élèves du lycée Faidherbe de Lille, un jeune professeur de Sciences naturelles qui allait devenir l'Inspecteur général Georges BRESSE. On voit par là que la révolution de ces dernières années était en préparation depuis longtemps et que les meilleurs d'entre nos aînés avaient déjà senti, dès avant la guerre, qu'elle était la voie du progrès.

Si l'on revient aux temps présents, on s'aperçoit, en regardant les horaires, que la part des travaux pratiques augmente sans cesse aux dépens de celle des « cours magistraux ». En 6e, en 1960, on est passé d'une demi-heure hebdomadaire de T. P. pour une heure de cours aux horaires inverses. En Math. Élém., au lieu d'une demi-heure hebdomadaire de T.P . pour 1 heure et demie de cours nous avons depuis 1961, 1 heure pour 1 heure. Le même horaire est appliqué depuis la rentrée dernière en classe de 1re A et B, et le projet initial de l'Inspection générale prévoyait de dispenser l'enseignement *entièrement sous forme de travaux pratiques.*

Par exercice pratique,il faut entendre tout travail exécuté par les élèves eux-mêmes opérant seuls ou par équipes. On y inclura donc non seulement les manipulations classiques (dissections, préparations microscopiques...) mais encore des travaux d'une tout autre nature : interprétation de courbes ou de tables numériques provenant d'expériences exécutées dans les laboratoires de recherche, analyses de textes de savants illustres, réflexions en fin d'année sur l'ensemble du cours annuel (1). En bref, les travaux pratiques recouvrent tous les exercices *d'analyses* qu'on peut soumettre aux élèves, l'analyse étant elle-même, soit une *observation* soit une réflexion suivant la nature de l'objet « disséqué ».

Sous cette définition extensive, l'exercice pratique possède une valeur éducative incontestable. Dès lors, les Sciences naturelles cessent d'être une discipline « de mémoire » pour accéder à la dignité d'enseignement formateur de l'esprit. Mais si les travaux pratiques sont l'essentiel de l'enseignement, que devient le cours? N'est-il qu'une survivance du passé, un vestige destiné à dépérir progressivement?

Personnellement, je ne le crois pas et sans craindre la paradoxe, j'affirme que, tout au contraire, je le vois s'enfler. Peut-être en est-il du développement de notre pédagogie comme il en fut de celui de la science expérimentale. Lorsque la Renaissance a découvert l'expérience quantitative elle a cru que c'en était fait des théories. Il n'en fut rien, et l'empiriste se leurrait qui prétendait réduire la science à l'accumulation de faits bruts. Aujourd'hui l'activité théorique est plus importante que jamais. Nos théories modernes sont des constructions d'une autre envergure que les doctrines antiques. Théorie et expérience se développent de concert, l'une étayant l'autre.

La nécessité du cours est évidente : ne fera-t-on pas mieux réfléchir les élèves en leur offrant plus d information à organiser? Or la leçon est une information. Si nous parvenons à en faire la démonstration, la preuve sera donnée que le cours ne peut disparaître.

Voici comment j'imagine l'articulation de la leçon avec les T.P.

Il est indispensable de partir du concret, c'est-à-dire des observations banales, familières à tous les enfants, que le maître se contente de rassembler en interrogeant la classe, puis qu'il prolonge par quelques manipulations sommaires, qu'il fait réaliser par les élèves, et desquelles il s'efforce de dégager la voie d'accès au problème posé.

Alors vient le cours, qui est une *réponse générale* à la question sous la forme d'une documentation aussi complète que possible, en tenant compte, bien entendu, de l'âge des élèves. Nanti de ces documents, l'élève devient capable de résoudre seul un petit problème particulier, extrait de la question plus générale traitée par la leçon, et qu'on lui propose sous forme d'un nouvel exercice pratique.

La place naturelle du cours est donc entre deux manipulations, mais il est clair que des deux exercices pratiques c'est celui qui prolonge la leçon et non celui qui l'introduit qui est essentiel. Là encore on retrouve l'analogie avec le cheminement de la science : les expériences décisives sont celles qu'on réalise pour vérifier une théorie déjà élaborée et non celles, nécessairement rudimentaires, qui ont précédé et, en quelque sorte, suggéré la théorie. Mais, au fait, n'y a-t-il pas plus qu'une vague analogie entre la pédagogie et l'épistémologie?

Un exemple concret permettra d'illustrer rapidement ce qui précède. Pour réaliser l'étude granulométrique d'un sédiment (programme 1966, 1re D), je propose le plan suivant.

D'abord initier les élèves à l'utilisation de tamis et leur montrer de la sorte la technique d'étude. Puis, par le cours, leur expliquer comment, dans les laboratoires de recherche, on effectue le passage des sédiments à travers une colonne de tamis; leur montrer pourquoi la taille des mailles des tamis successifs doit décroître en progression géométrique, leur dire comment dresser des courbes de fréquence et des courbes cumulatives; leur présenter des courbes réelles et en indiquer l'interprétation probable. Alors, on passe à la seconde manipulation en proposant aux enfants l'analyse d'une courbe. Par exemple, on leur montre une courbe « bimodale » (courbe de fréquence à deux sommets) et on leur en demande l'interprétation. Ils pensent, en fonction du cours préalable, qu'il peut y avoir eu mélange de deux sédiments (classés) d'origines différentes. Le maître les interroge alors sur les moyens de vérifier cette interprétation; toujours en utilisant la leçon, les élèves suggèrent, par exemple, l'étude morphoscopique.

---

(1) Cf G. H. PARENT, *Bulletin de l'Association nationale des professeurs de biologie de Belgique.* Fasc. 4 (1964).

Je suis persuadé que ce plaidoyer pour la leçon surprendra bien des lecteurs. Aussi vais-je, sur le champ, dissiper une équivoque. Le cours que je vante n'est pas le cours *ex-cathedra* d'antan, où l'élève était passif. La leçon traditionnelle de notre enfance a été remplacée par *la classe dialoguée* où maître et élèves collaborent étroitement, et tout le monde se réjouit du changement.

Cependant, pour mon compte, j'aimerais que, dans son exposé devant de grands élèves, le professeur suivît l'ordre historique des découvertes chaque fois que la chose présente un intérêt. J'ai traité ailleurs (1) et longuement ce problème, je n'y reviens pas. Je tiens seulement à dire ici, avec force, que *la méthode historique* n'est pas un retour camouflé au cours magistral, et *qu'elle est parfaitement compatible avec les techniques actives.* Que le maître expose une idée actuelle ou une conception ancienne, il peut tout aussi bien interroger sa classe, mieux même. L'enfant, dans une certaine mesure, repasse par les mêmes stades de raisonnements prélogique et préscientifique qu'a connus l'humanité, de sorte qu'il peut aisément « redécouvrir » des théories anciennes... pour peu qu'on l'y aide. L'enfant qui n'a pas encore pris contact avec la botanique n'est-il pas tenté de diviser les plantes en herbes et arbres comme le firent, jusqu'à LINNÉ, les systématiciens. Et si l'on pense, comme G. CANGUILHEM « *du seul savoir authentique qu'il est une rectification de l'erreur* », on aura le souci d'inciter les élèves à exprimer leur pensée, et à faire des fautes, non pour le plaisir de briller ensuite, mais parce que l'important n'est pas de dire la vérité mais de corriger l'erreur.

En conclusion, techniques actives et méthode historique, loin de s'exclure s'associent, au contraire, de façon très harmonieuse. Grâce à leur « symbiose » la leçon acquiert, à son tour, quelque valeur éducative. Et, au fond, entre des T.P. exécutés en équipes par les élèves, sous la direction du maître, et un cours pendant lequel le professeur parle avec sa classe, la différence devient assez mince.

Un point encore, avant d'en finir avec la méthode historique. Bien des collègues se sentent peu disposés aux narrations d'épisodes de l'histoire de la pensée scientifique. Qu'à cela ne tienne. Ce qui importe seulement c'est d'associer l'erreur de l'enfant à celle du passé de la science. A la limite, le maître peut ne pas faire d'histoire du tout. Il serait seulement souhaitable qu'il connaisse lui-même l'histoire de sa discipline. Ainsi quand il saura que, là où l'élève s'est trompé, dix ou vingt générations de savants en ont fait autant, il prendra conscience que la faute est profondément enracinée dans l'esprit humain, et qu'on ne peut aisément l'en déloger. De la sorte, il se gardera de la sous-estimer et de se contenter d'écorcher le mal qu'il devrait extirper.

Autre question : faut-il apprendre le cours? Les naturalistes aimeraient qu'on ne prétendît plus qu'ils pratiquent un enseignement « de mémoire ». Depuis longtemps ils ont cessé d'exiger que leurs élèves apprennent le cours « par cœur ». Est-ce à dire qu'on ne doit plus rien apprendre? Quand il a pris conscience que les travaux pratiques étaient l'élément le plus formateur de son enseignement, le professeur de biologie et géologie s'est demandé s'il valait encore la peine de faire retenir un cours à l'enfant. Si la leçon est, comme je le pense, la documentation nécessaire seulement pour effectuer l'exercice pratique, elle n'est utile que pour la séance de T. P.; on peut donc sans dommage l'oublier ensuite. A quoi bon, alors, surcharger l'esprit de l'enfant? Le cours est comme une bibliographie qu'on réunit avant d'effectuer un travail personnel et qui, la tâche accomplie, devient inutile.

---

(1) Cf *Bulletin de l'Association des professeurs de biologie-géologie* n° 3, 1965. — *Cahiers rationalistes*, janvier 1966 et *Cahiers pédagogiques* (janvier 1967).

Ce raisonnement, que je n'ai fait qu'esquisser, est fort séduisant, mais je le crois fallacieux. *L'enfant doit apprendre des leçons* et j'y vois pour le moins deux raisons fondamentales :

1° *Il est indispensable d'exercer la mémoire de nos élèves.* Un bambin de 6e a des possibilités mnémoniques qu'on aurait tort de ne pas exploiter et, faute de les exercer, on s'expose à les voir s'amenuiser. L'entretien de la mémoire exige un effort souvent ingrat que les enfants envisagent sans plaisir. C'est à nous de leur imposer cette contrainte si nous ne voulons qu'ils nous reprochent plus tard notre veulerie.

2° *Certains exercices nécessitent que l'on garde en mémoire des connaissances acquises dans les leçons précédentes.* Pour voir que les membres des Vertébrés tétrapodes sont bâtis sur un même plan, il faut se rappeler, tout au long du cours de 6e, la disposition et le nom des os des membres de l'Homme. Aucun professeur de langue vivante n'oserait prétendre qu'on est libre d'oublier, pour la leçon du jour, le vocabulaire acquis au fil des semaines précédentes. Pourquoi les mêmes règles ne seraient-elles pas applicables aux Sciences naturelles?

Et cette règle est non seulement valable pour les leçons d'une même année scolaire, mais aussi pour les cours des années successives. D'un an à l'autre on doit exiger que l'enfant retienne l'essentiel du cours. Il en est ainsi en langues, et dans toutes les disciplines; il faudra qu'il en soit de même chez nous puisque les nouveaux programmes de 1re A, B, D (et terminales C) commencent par des leçons d'écologie qu'on ne peut aborder si les élèves ont oublié la systématique de 6e et 5e (1).

Certains collègues objecteront qu'ils savent par expérience, que d'une année à la suivante les enfants ont tout oublié et qu'ils sont contraints de leur réapprendre ce qui avait été vu précédemment. C'est souvent vrai, et tout particulièrement lorsque les études biologiques ont été interrompues et que les 2 années ne sont pas consécutives. Ainsi les programmes de 1958 des classes terminales (appliqués cette année pour la dernière fois) sont centrés sur la physiologie. L'anatomie, indispensable à la compréhension de cette physiologie est supposée connue depuis la classe de 3e.

En quelque sorte, on reprend en classe terminale le cours de Sciences naturelles fâcheusement interrompu pendant 2 ans. Mais on se convainc sans peine — hélas — que les élèves ont tout oublié des leçons de 3e. Aussi bien, peut-on regretter que les réformateurs aient cru devoir maintenir un hiatus d'un an (sections A, B, D) ou 2 (section C) entre les études biologiques du 1er cycle et celles du second. Mais il ne serait pas raisonnable de rejeter sur autrui toutes les responsabilités : nous-mêmes avons beaucoup à faire pour améliorer la qualité de notre enseignement et obtenir que nos élèves *retiennent quelque chose d'une année à l'autre.* Au vrai, actuellement il serait exagéré de prétendre qu'ils ne conservent aucun souvenir de notre enseignement. Seulement, ils ne retiennent pas l'essentiel parce qu'ils ne savent pas le discerner. Ce que je propose n'est pas tant de leur en faire apprendre plus, mais plutôt de contrôler ce qu'ils auront à garder en mémoire. Pour y parvenir, je suggère de distinguer deux plans :

1° *Ce que nos élèves doivent retenir durablement:* les grandes idées de la biologie (ou de la géologie). Chaque année scolaire serait centrée sur l'acquisition d'une idée-maîtresse. Ainsi en étudiant les Vertébrés on aboutit à la notion d'unité de plan de constitution. Pourquoi ne pas exprimer clairement cette idée et ne pas obliger les enfants à la retenir? On répondra que les Vertébrés sont étudiés dès la 6e et qu'alors les élèves sont trop jeunes pour comprendre ce concept. A voir. N'emploie-t-on pas le même mot d'humérus pour désigner les os « homologues » des squelettes de l'homme, du pigeon et du lézard? Ce faisant, on admet implicitement l'unité de plan d'organisation. Mieux, quand, dans l'avant-bras d'un animal, on ne trouve qu'un os, on ne dit pas : l'organisation est différente, mais : le cubitus a disparu. Parler d'unité n'est-ce pas exprimer en clair ce qu'on sous-entend?

---

(1) Rappelons brièvement la structure des études biologiques dans l'enseignement secondaire. Jusqu'à la réforme en cours, les études de Sciences naturelles étaient continues de la 6e à la 3e, elles s'interrompaient 2 ans (sauf dans les sections M') pour reprendre en classes terminales. Les programmes qui réglaient cet enseignement dataient de 1958. A l'heure actuelle le second cycle est en pleine transformation : les sections M' sont supprimées et les Sciences naturelles sont enseignées en 1re A, B, D, terminales C et D; le premier cycle n'a subi aucune modification et les programmes de 1958 y restent en vigueur. Des programmes nouveaux viennent d'être publiés pour le second cycle (*B. O.* du jeudi 4 août 1966).

D'ailleurs les élèves retiendront d'autant plus facilement cette idée (simple) que l'occasion leur sera offerte, les années suivantes de la réutiliser, notamment à propos de l'étude des divers embranchements d'Invertébrés. Le cours sur les Invertébrés pourra lui-même mener à la notion de cellule (en suivant un cheminement (1) sur lequel je me propose de revenir un jour).

2^{o} *Ce que nos élèves peuvent oublier temporairement mais doivent pouvoir se remettre en mémoire un jour.* Le rappel se fait sous la forme de séances de révisions, semblables aux révisions de vocabulaire du cours de langue.

Lorsque le nouveau programme de 1^{re} D nous demande, pratiquement en une séance, d'étudier tous les types de roches (sédimentaire, métamorphique, volcanique et plutonique), il est évident qu'il s'agit de révision du cours de 4^{e}. De même la dissection d'un Vertébré réalisée en début d'année, n'est fructueuse que si elle tend à faire réviser les connaissances acquises en 3^{e}. D'ailleurs le programme de 1958 introduisait la notion d'appareil à la faveur de cette dissection. Comme cette notion est d'origine physiologique, il n'est pas question de la déduire de la dissection, opération purement anatomique (2). Ce qui revient à dire que la dissection n'était que l'occasion de réviser un peu de physiologie de 3^{e}.

Je me demande pourquoi certains collègues mettent leur point d'honneur à faire semblant de croire que l'élève qui entre dans leur classe en septembre ne sait rien, et se sentent obligés de tout lui apprendre en partant de zéro. Certes tous les élèves ne nous arrivent pas chaque année avec le même bagage. Et celui-ci ne dépend pas que de leurs aptitudes naturelles, mais aussi de ce qu'ils ont appris et pour cela, l'efficacité plus ou moins grande du maître qu'ils ont eu joue incontestablement un rôle important. Mais vouloir, pour corriger ces inégalités, faire table rase des connaissances acquises, c'est se condamner à répéter ce qui est su, ou devrait l'être. La méthode conduit à une perte de temps considérable. En classes terminales (programme 1958) nous reproduisons des expériences déjà réalisées en 3^{e}. Je sais que les élèves les ont oubliées, mais, alors, qu'on les renvoie au cours de 3^{e}. Sinon, nous sommes en plein cercle vicieux. En 3^{e}, on fait un résumé du cours de Sciences expérimentales pour ceux des enfants qui n'atteignent pas la classe terminale, et en Sciences expérimentales on reprend ce qui a été vu en 3^{e} parce que les adolescents l'ont oublié. Mais n'est-ce pas justement parce qu'à deux reprises ils ont « survolé » le cours que les lycéens n'ont pas retenu nos leçons. Nous allons vite parce qu'ils ont oublié, mais ils oublient d'autant plus rapidement que nous sommes allés plus vite.

CONCLUSION

L'enseignement des Sciences naturelles traverse une crise de croissance. A une pédagogie ancienne, fondée sur le cours magistral, se substitue progressivement une éducation nouvelle centrée sur l'exercice pratique, c'est-à-dire dans laquelle la leçon est assujettie (1) à la manipulation à laquelle elle apporte la documentation nécessaire. C'est dans cette soumission du cours au travail pratique qu'est toute la nouveauté.

---

(1) Historiquement la théorie cellulaire est née dans un climat que dominaient les idées de « zoonite» et d'être « colonial ». C'est le cheminement historique que la pédagogie devrait instituer. Avec encore la nécessité pour le professeur, sinon de *narrer* l'histoire avec ses noms et ses dates, mais, à tout le moins, de la connaître pour en reconstituer la démarche — le cheminement réellement suivi par la pensée scientifique étant le plus pédagogique, le plus accessible aux enfants et, partant, le plus convaincant.

(2) Cf Simone GALLETTI, « Le danger des habitudes », *Bulletin de l'Union des Naturalistes*, n^{o} 3, 1959.

(1) Cette formule ne doit pas être prise en un sens trop absolu. Nous avons déjà remarqué que, grâce aux méthodes actives le cours se rapprochait des T.P. Nous avons aussi souligné que la leçon avait sa propre valeur éducative. De sorte qu'on peut concevoir un développement qui ne serait pas suivi de T. P. et qu'on exposerait non pas à titre d'information mais à cause de la « leçon » qu'on en pourrait tirer. Ainsi la biologie moléculaire qui figure dans les nouveaux programmes (et qui se prête mal aux manipulations) offre un exemple actuel de ces concepts qui, en faisant irruption dans la science, en facilitent brusquement la compréhension.

J'aimerais ajouter : c'est seulement dans cette subordination qu'est l'innovation, pour exprimer :

- qu'elle n'est pas dans la position occupée par le cours : dans la plupart des cas la leçon précédera les T.P. et n'en sera en aucun cas déduite;
- qu'elle n'est pas, non plus, dans la disparition du cours : les T.P. les plus délicats exigent une documentation plus abondante, et la leçon ne sera donc pas réduite.

Pour réaliser une manipulation on aura besoin non seulement de connaître le leçon correspondante, mais encore de se rappeler les précédentes qui fournissent une partie non négligeable de la documentation. Cela est particulièrement frappant quand l'exercice pratique est une réflexion sur un ensemble de leçons. Il en résulte deux exigences :

- nécessité de présenter les séances dans un ordre déterminé;
- nécessité de faire apprendre le cours.

Il me parait important de souligner ces points, dont aucun n'était évident a priori.

Reprenons-les. Le premier d'abord : si la documentation d'une leçon n'était valable que pour une seule manipulation, les séances seraient indépendantes et se suivraient sans lien aucun. C'est parce que les documentations s'ajoutent qu'elles doivent être présentées dans un certain ordre : c'est l'enchainement des leçons qui assure la cohésion et la continuité de l'enseignement.

Second point : l'enfant doit retenir des leçons. Il doit même être capable de se remémorer, grâce à des révisions, des connaissances anciennes. On peut supposer que les auteurs des programmes de 1966 ont choisi cette voie quand ils ont placé l'écologie en classe de Première. Bien sûr, les programmes nouveaux nous surprennent, nous indisposent même parfois parce qu'ils se heurtent à nos habitudes, qu'ils remettent en question nos vieilles et confortables idées. Mais c'est cela l'essentiel. Nous devons remettre en cause nos conceptions les mieux ancrées. Il ne suffit pas d'abattre le dogmatisme de papa pour voir se créer l'esprit nouveau; il faut lutter contre tous les dogmatismes et il y aurait beaucoup à dire là-dessus (1). Prendre le contrepied systématique de la méthode ancienne, en se contentant d'intervertir cours et T.P., c'est de la caricature de rénovation.

Dans cet article j'ai essayé de brosser l'esquisse du nouvel esprit, j'ai pu me tromper; je n'ai pas la certitude de voir juste. Mais la chose — la seule chose — dont je sois sûr, c'est que l'esprit nouveau, nous devons le bâtir nous-même et que pour cela il faut chercher ensemble et nous garder de systématiser trop tôt les premiers résultats obtenus. Sans quoi nous ne serons libérés du vieux dogmatisme que pour tomber sous le joug d'un néodogmatisme — un cryptodogmatisme (2).

Puisque les programmes nouveaux bouleversent nos traditions, profitons-en pour nous interroger en commun sur nos méthodes. La réussite est à ce prix.

---

(1) Nous sommes tous d'accord pour combattre le dogmatisme. Mais qu'est-ce que le dogmatisme? On ne distingue clairement que celui du voisin.

(2) P. Hérail, « Méthode expérimentale et cryptodogmatisme ». — *Bulletin de l'Union des Naturalistes*, n° 3, 1959.

A new approach to the teaching of natural history

G. Gohau

(Summary)

Fortunately, natural history is no longer considered as a subject to be learnt by heart. In consequence of the modernization of teaching, theoretical lessons have been reduced and a greater importance has been given to practical exercises.

Nevertheless, the author warns against the opposite excess which could consist in regarding lectures as utterly useless.

Just as a theory and its applications cannot be separated in research (otherwise it would be mere empiricism) so a link should also be established between lessons and practical exercises. As a matter of fact, the material for the lectures is given by concrete observations and the lessons develop and complete them, which suggests other manipulations. That is why a lesson should naturally find its place between two periods of practical exercises.

The historical method, as far as it goes over the history of the corrections of misinterpretations can also be on a par with practical exercises. Actually, the thinking of the pupils very often unfolds in a way quite similar to the process followed at the very beginning of elaboration of a scientific theory.

Memory must not be totally excluded : the children's memories must be exercised and developed. For this purpose, it is necessary to distinguish between : what the pupils must remember for good (that is to say the basic ideas in biology) and what they may temporarily forget but must remember later (for instance in morphology, the notions learnt in the lower classes which are revised with dissections by the sixth formers). That is why it is necessary to classify the lessons carefully in their sequence and to require that the pupils learn them.

To take systematically the opposite course to the old dogmatism would be in fact neodogmatism or cryptodogmatism.

Un espíritu nuevo en la enseñanza de las ciencias naturales

G. Gohau
(Resumen)

Van perdiendo las Ciencias naturales esa mala fama de asignatura "de memoria". La modernización de su enseñanza ocasionó una disminución de las conferencias teóricas y confirió más importancia a las prácticas.

Sin embargo el autor nos alerta aquí contra el peligro del exceso opuesto que niega todo valor a las clases excátedra. Lo mismo que, so pena de empirismo, se van desarrollando simultáneamente la teoría y los experimentos, lo mismo hay que prever una articulación entre las clases y las prácticas : la clase parte de las observaciones concretas y las desarrolla y prolonga, lo que sugiere nuevas manipulaciones. Por lo tanto hay que colocarla en su lugar correspondiente , entre dos sesiones de prácticas.

El método histórico puede también correr parejo con prácticas, en la medida en que dicho método traza de nuevo la historia de las rectificaciones de errores de interpretación, y que se parece muy a menudo el desarrollo del pensamiento de los alumnos a la elaboración de una teoría científica en sus comienzos.

Tampoco hay que descartar totalmente la memoria. Hay que ejercer y cultivar la memoria de los alumnos. Habrá que distinguir dos planos en la enseñanza : lo que el alumno ha de recordar durablemente (grandes ideas de la biología) y lo que puede olvidar temporariamente pero habrá de recordar más tarde (ej : nociones de morfología enseñadas en las clases de enseñanza primaria y enseñadas de nuevo cuando las disecciones en clases terminales. Por eso será necesario ordenar con rigor el eslabonamiento de las clases y exigir de los alumnos que aprendan las lecciones.

Defender sistemáticamente lo contrario del viejo dogmatismo vendría a ser lo mismo que caer en un neologmatismo o en un criptodogmatismo.

Reprinted from *Educational technology* (New Jersey), vol. 10, no. 2, 1970, p. 42-45

The Teacher's Role in Computer Assisted Instructional Management

Beverly Y. Kooi and Cleone Geddes

A fairly new use of computers in instruction helps teachers manage their classrooms through computer assisted instructional management systems. Students learning under these systems take frequent tests to measure their achievement of instructional objectives. The computer analyzes the tests and prints reports, telling the teacher which students had difficulty with the skills or content tested and what remedial procedures might help them. This paper considers changes in the teacher role that an ideally operating management system implies. System Development Corporation's Instructional Management System (IMS) is described in relation to that role.

The teacher alone

Today's teacher, without the benefit of a classroom management system, not only presents most information herself and personally administers most tests, but also depends upon her own resources to answer a variety of procedural questions. For example, she daily considers: "How much review should I give on this lesson?" . . . "Are my students grouped for most efficient learning?" . . . "What materials or procedures should be changed to make this lesson more effective?" She bases her decisions on a collection of remembered observations of students at work, reactions during group lessons, or performance on work sheets or informal tests. Her job requires artistry, sensitivity and resourcefulness; she makes decisions largely by intuition, doing a fairly good job under trying circumstances. She knows she makes mistakes, and is concerned about the poor performers, but these things are not obvious enough to cause much discomfort, because without computer management the consequences of her decisions are almost entirely unclear anyway.

The teacher and computer assisted management

Developers of computer assisted instructional management hope to change this current teacher role and make the teacher an instructional manager rather than just an instructor. They want to see teachers making multiple decisions instead of gross group judgments, drawing upon other teachers' and students' strengths instead of being isolated in a self-contained classroom, and providing lessons through a variety of media instead of making a single presentation. The developers of this new technology also want to provide the teacher with detailed performance data that can be used to diagnose individual student weaknesses and lead to a variety of resources for remedial instruction. They want the teacher to continually study each student's performance record, and continually adjust her procedures until her prescriptions improve that performance. Eventually, the developers hope to differentiate and specialize teacher roles, using each person's talents in a carefully defined teaching capacity. The extent of their plans might best be illustrated by describing a teaching day in a school that operates under computer assisted management.

The typical day in a school with a fully developed management system would begin when the

---

Beverly Y. Kooi is a research scientist and **Cleone Geddes** a human factors analyst associate at System Development Corporation, Santa Monica, California.

teacher picks up computer-produced reports summarizing student performance data collected the day before, and suggesting procedures and schedules for the current day's lessons. It would take some time to study these reports, noting first the students who progress normally from one unit to the next, and posting work assignments for those who should continue in self-directed units or modules. The computer report would probably list several students who are ready for a film, a group presentation, or a progress test. The teacher would schedule these — using, in more advanced management systems, an on-line program. The daily report might also flag students who face special problems, like sudden changes in score patterns, unreasonable time in particular units, too many student choices in one content area, or special program planning problems.

The teacher would use the computer to call up resources for remedial lessons, plan a counseling session of her own, or assign the student to an appointment with the counseling staff. She would then check her own assignments for teachers' planning conferences, or classroom presentations and discussion groups to be led. Some preparation time would be scheduled during the day for this approaching work. Here again the computer would be a help, allowing the teacher to query the system for available resources for her presentations. The teaching day would follow the morning planning period, with students moving in and out of units and lessons that were assigned. At the end of the day the teacher would spend another short period organizing tests and observations or ratings for submission to the management system, so that her computer aids to planning would be ready for the next day.

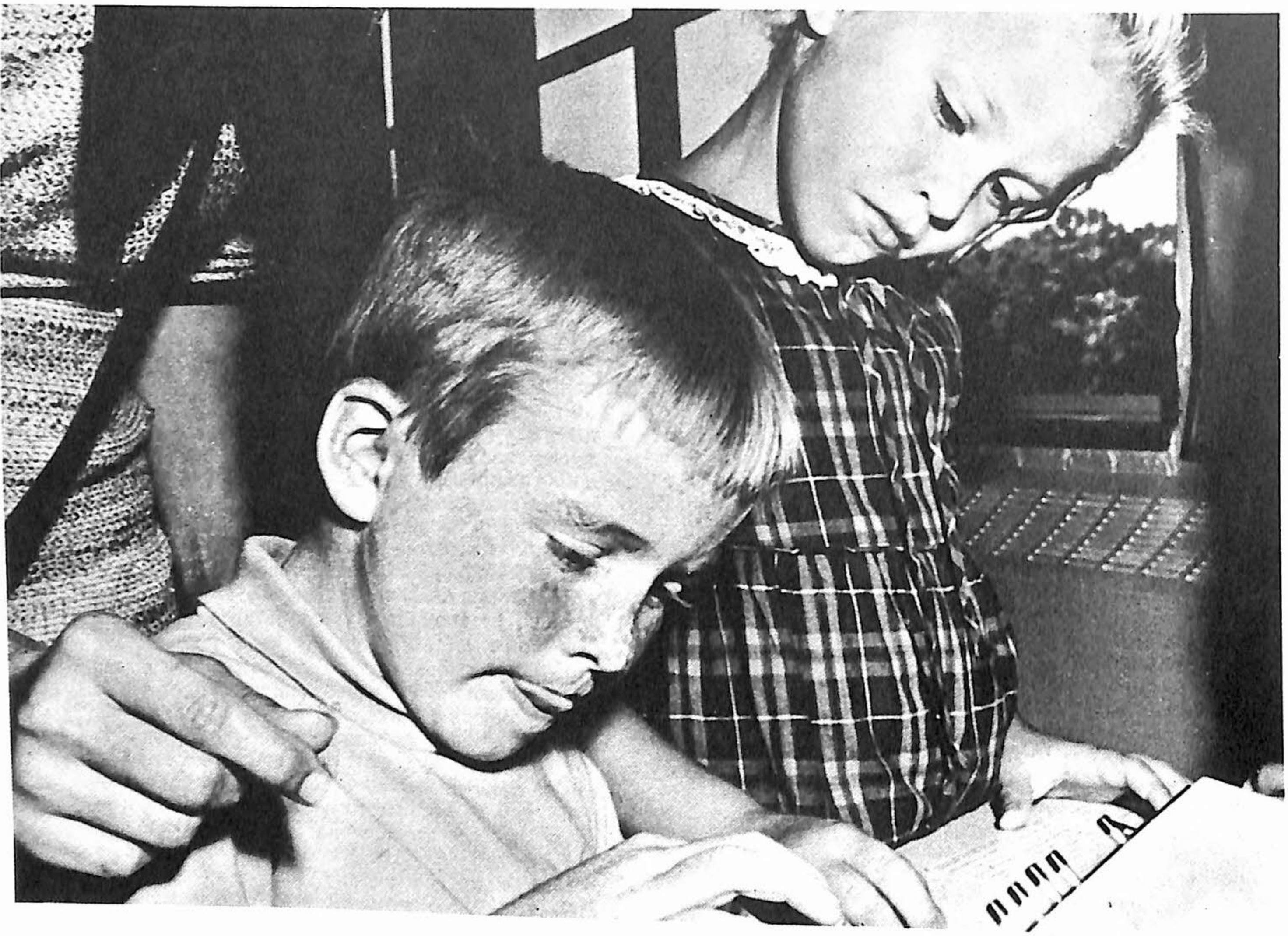
Research and development

Several million dollars and four or five years have been spent in the research and development of management systems to accommodate this teacher role. AIMS (Automated Instructional Management System) was developed by the New York Institute of Technology. CAM (Comprehensive Achievement Monitoring) was jointly developed by staff members of Stanford University and the University of Massachusetts. IMS (Instructional Management System) is a product of System Development Corporation (SDC) and the Southwest Regional Laboratory for Educational Research and Development. IPI (Individually Prescribed Instruction) began at the University of Pittsburgh's Learning Research and Development Center. PLAN (Program for Learning in Accordance with Needs) is the product of the American Institutes for Research, Westinghouse Learning Corporation and several cooperating schools. The Teacher's Automated Guide (TAG) is a system developed by the Portland, Oregon, schools; and, finally, various management systems exist to monitor instruction at Job Corps Centers.

These systems are similar in their components — each one defines instructional objectives, measures student performance on the objectives, and provides reports for the teacher. Some can prescribe remedial instruction. They have differences as well as similarities, however. CAM, IMS and IPI define objectives in a molecular fashion, and test students as frequently as once or twice a week. CAM and AIMS are heavily test oriented, with CAM having a strong item-analysis capability. PLAN and TAG define content in broader units, but PLAN allows learner characteristics to help determine the units each student takes, while TAG's emphasis is a careful coding of lesson materials for easy retrieval by teachers. Some systems have been more concerned with orienting teachers to the use of information provided by computers (CAM, IMS), while others (Job Corps and IPI) initially used manual procedures for management. IPI is particularly strong in the development of instructional materials and presentation procedures, and both IPI and IMS have detailed remedial prescriptions for pupils who do not achieve. Finally, existing management systems can be distinguished by differences in the populations with whom they have been tried. PLAN is operating in both elementary and high schools; IMS, IPI and TAG have operated for the most part in elementary schools; CAM has been used primarily in high school math; New York Institute of Technology has done its work at high school and college levels; and Job Corps systems are for special education.

One system described

Keeping in mind that these variations do exist, it might be helpful to describe one operating management system in detail, and consider how it has supported the teacher role of instructional manager. A system that contains all of the components — course description, frequent tests, computer-produced reports and remedial prescriptions — is SDC's Instructional Management System, now operational in first grade reading and math programs. IMS stores a course description containing many specific learning objectives that fall by content or skill into clusters called general objectives. In the reading readiness area, for example, children learn to match figures that are alike in content, in direction, in size, or in shape. Using each of these cues to match figures becomes a specific objective, and items relating to all of them are clustered, for simple reporting, into one general objective called



Bill ca (Mass.) Public Schools

visual matching. Almost by definition, specific objectives tend to enter into instruction and testing, be learned, and then be dropped, while the broader general objectives appear in testing and instruction for several months or for an entire semester. This simple system for course description can be generalized to almost any content area.

IMS performance evaluation is based upon frequent tests that have each item tied to some specific learning objective.

The tests, which are constructed by the teacher with some technical assistance, are administered when the teacher completes initial instruction on a unit. The timing of tests, amount of instruction before tests, and number of students who take any test are teacher decisions. After she receives a management-system report of results, the teacher provides necessary remedial instruction, followed by lessons for the next unit and the administration of a new IMS test. Because general objectives appear through several tests over a span of time, the teacher can check the results of remedial instruction.

The teacher receives the system's most frequently provided report on the morning after she administers each test. One section of the report lists the mean performance of the group of children who took the test on each general objective that the test measured. Specific objective scores are not listed for the group, but whenever 80 percent of the children in the group do not score 80 percent on any specific objective, a code number that refers to the remedial activity is printed. The second section is an individual report, listing each child with his own score on general objectives. Specific-objective scores are listed only when a child scores below 80 percent; then, a row of numbers like these appears below his name: 203 (60) R 28-0203. The first number is the code for the specific objective; the number in parentheses is the student's percentage score on that objective, and the remaining numbers are the code for remedial activities. Three less frequent computer-produced reports in IMS tell the teacher (1) which pupils at any time have taken tests and how they scored, (2) what an individual's profile of scores is, and (3) how he has scored on all tests of any general or specific objective.

IMS also provides the final component, instructional prescriptions for students who do not achieve an objective after the teacher's initial presentation of instruction. To avoid computer storage of actual practice exercises or procedural descriptions, these are assigned a code number and stored in a filing cabinet in the classroom. Reports to the teacher, as described above, need only contain the code number for her to identify the correct folder.

IMS was designed to fit into existing schools, helping teachers manage group-paced classrooms more efficiently, and introducing individualized instruction at a more gradual pace. Though it is one of the most complete classroom management systems, it is only a "halfway-house" to the ideal system. Its fine-grain objectives, its frequent measurement, and the completeness of its reporting system make it almost unsurpassed in diagnostic capability. The teacher can tell on any day where a child is in the sequence of instruction, which skills he has mastered, and where he needs help. Its operation has brought careful monitoring of student progress in the elementary schools where it operates. Teachers who used the system reacted favorably to its diagnostic capability.

However, teachers' use of the total IMS system, and their reactions to it, have not always been complete and positive. Though they did find that the system made physical management of the classroom easier, lightened their load of lesson preparation, and helped them explain the progress of students to parents, early system evaluation data showed that there were some problems, too. Pacing of instruction was often related to the school's socioeconomic status as well as to test scores; that is, pupils in high socioeconomic schools tended to complete more of the work than those in low socioeconomic schools. In addition, some of the teachers used the system's test items directly as teaching objectives, completely molding instruction to them. Sometimes teachers moved low-scoring pupils through instruction just as quickly as some of their higher scoring counterparts. Finally, suggested prescriptions were not always administered, or clear indications for regrouping students were not always followed.

Teacher anxiety

Thus, the complete data that supports these casually stated findings show that the IMS diagnostic system needs to include several other functions before it can fully support the new computer assisted teacher role of instructional manager. First, teachers must have in-depth training to interpret the daily computer reports and plan lessons using them. They need to have practice in relating pacing of instruction to test scores, in regrouping children on evidence of similar performance, and in selecting and administering suggested prescriptions. Perhaps the short institute offered before school starts should incorporate problem-solving sessions in a simulated management classroom. A second problem that must be overcome is the threat imposed upon teachers when large amounts of data suddenly become available to expose the consequences of their decisions. Again, teacher training might be the answer — training to attend to individual student performance and to bring about changes in that performance by providing special instruction.

More resources needed

Alleviating teacher anxiety, however, really involves solving a third problem: a much stronger prescriptive capability must be built so that teachers can do something to improve their students' low scores. IMS instructional resources are based upon current materials — often the one textbook series in use — and have few remedial alternatives. To be sure, these materials are meticulously keyed so that the students get a carefully balanced program tied to specific teaching objectives. But to help a child who fails, the teacher needs more than one approach; she needs the total school resources at her fingertips. She needs an easily queried catalog of supplemental texts, workbooks, films, tapes, games, tutorial procedures, community resources — in short, every known resource that is both available and relevant to the current instructional needs of the students. She must be able to call for the items in the catalog by objective, or simply by describing student performance and receiving a series of appropriate instructional alternatives. Although IPI and IMS do provide remedial prescriptions, and the TAG system is designed for easy retrieval of lesson materials on particular learning objectives, no one of the existing management systems combines both of these capabilities fully.

Summary

In summary, current developments in computer assisted instructional management promise to give teachers the diagnostic and prescriptive support they need to move into new roles in individualizing instruction. What is needed is to bring together in a single system the diagnostic capability and the cataloging of the broad range of available resources that exist separately in different systems. □

Le rôle du maître dans l'enseignement programmé

Beverly Y. Kooi et Cleone Geddes

(résumé)

Les développements actuels dans le domaine de l'enseignement programmé vont probablement permettre aux enseignants de porter des diagnostics et leur donner l'appui nécessaire dont ils ont besoin pour effectuer leur nouveau rôle dans l'enseignement individualisé. Ce qu'ils demandent, c'est de faire entrer à la fois dans un système simple la possibilité de porter un diagnostic et de pouvoir classer en grands groupes les moyens disponibles qui existent séparément dans différents systèmes.

El cometido del maestro en la enseñanza programada

Beverly Y. Kooi et Cleone Geddes

(Resumen)

Los actuales desarrollos en cuanto a enseñanza programada permitirán sin duda que los profesores formulen diagnósticos y les proporcionarán el necesario apoyo para que llenen su nuevo cometido en la enseñanza "individualizada". Lo que piden es que entre en un sistema sencillo la posibilidad de formular un diagnóstico a la par que la de clasificar en grandes grupos los medios disponibles existentes por separado en distintos sistemas.

Reprinted from *Educational technology* (New Jersey), vol. 10, no. 2, 1970, p. 46-48

Impact of CAI on Classroom Teachers

Duncan N. Hansen and William L. Harvey

Computer Technology as a resource for education is fast becoming a disseminated reality. How this computer reality will affect the professional roles of classroom teachers remains a conceptual issue at present. This is primarily due to at least two contributing factors. First, some educators would prescribe future teacher roles contingent upon a dramatic, completely computerized school environment, whereas others would foresee a more gradual evolution from current teacher roles to that new state yet to be determined by future developments. More precisely, there is a speculative time continuum that spans from the existing world of 1970 to that of the year 2000. The projections or predictions about potential teacher role vary considerably as one moves within this time range.

In reference to the second source of ambiguity, the nature of computer assisted instruction (CAI) encompasses a wide range of instructional activities that allow for potential impact on teacher roles. This range of views about CAI can be characterized as moving from the simplistic view of CAI as a resource similar to a motion picture projector to the auto-tutor view of CAI as a teacher-substitute. As sub-issues within this range of views about CAI, the degree and kind of individualization of the instruction and the degree of instructional control offered to the student generate additional exemplars of potential CAI influences on teacher roles. Moreover, the complexity of the instruction may determine the degree to which computers may be involved; that is, mathematical problem solving can become highly complex and completely dependent upon computers, whereas a rich discussion of poetry obviously has elements incongruent with computer support. Thus, the range of CAI activities and its associated implementation leads to a wide range of predictions about future impacts on classroom teachers.

For the purpose of this article we will analyze some of the factors within CAI that may cause changes in teacher roles. Secondly, a brief description of a possible pattern of development of CAI likely to occur within public schools will be presented, along with its resultant impact for classroom teacher-role specification. In turn, some of the obvious role functions that will undergo shifts as CAI becomes a more permanent activity will be discussed. And, finally, the article will conclude with a brief statement on potential implications for teacher training in order to better prepare future teachers for the world of the 1980's.

Role factors

Primary within the consideration of role factors is the allocation of teacher activities during the school day. As CAI absorbs more of the information presentation and correctional functions, the teacher obviously will be in a better position to allocate her limited time to other functions, such as group discussions, social modeling techniques, guidance, etc. The ratio of time that a teacher may allocate to these enriching functions should in a large measure set the tone of future professional roles.

In turn, the professional associations are likely to exert influence on the selection of "desirable teaching behaviors," and therefore will determine what is considered legitimate and illegitimate roles. If our professional societies demand a specialized

---

Duncan N. Hansen is director, Center for Computer Assisted Instruction, The Florida State University, Tallahassee. **William L. Harvey** is associate professor of education, Florida A & M University, Tallahassee.

CAI teacher, this new career pattern undoubtedly will be created. Or, in turn, if the professional societies wish to maintain intimate control of CAI development, this would require the classroom teacher to become much more proficient in her understanding and use of computer technology. This requirement for new teaching competencies will center around computers, and would necessitate the training of teachers in the knowledge and behaviors necessary to operate many of the functions of the computer, i.e., teachers would be required to understand the operational procedures of the computing system, how to sign on and sign off, plus the multitude of specific directions which absorb so much of our current activity in the CAI world.

These highly technical competencies imply that one may see greater differentiation of professional roles in the future. One can anticipate a greater team approach to the instructional endeavor, with better use of the natural talents found in the professional ranks. Thus, it is likely that one of the impacts will be a serious re-analysis of the time allocation for teachers, tempered by the constraints of the professional societies. Further, a growing differentiation of legitimate and illegitimate roles should be defined in order that a wider range of hierarchically trained teachers will be found working in our schools.

Pattern of computer development

Public schools are likely to adopt a gradual program of computer involvement. This pattern will be mediated by the roles teachers will accept plus the technical and professional training of the staff. We foresee a five-step pattern of development. First, a commitment to individualization of instruction would be required in order to create the need for CAI. Second, the development of individually prescribed instruction (IPI), utilizing most of the conventional materials presently available would be the obvious subsequent step. Third, the development of computer managed instruction (CMI) as an appropriate aid in the managerial functions found in the complexities of IPI would naturally follow. Fourth, the availability of CAI and related multi-media devices probably would become available in order to broaden and enhance the educational resources for individualized learning. Finally, a new form of individualization in our schools could occur, due to the availability of even more advanced computers and multi-media resources plus the shifts in staffing. Contingent to each one of these steps will be the requirement to provide professional development and new role definitions so that effective evolution towards a more individualized school can take place. Each transition from one of these stages to the next will result in dramatic changes away from our current classroom activities.

Potential teaching role changes

As there has been little investigation to date, other than a pilot study performed in Philadelphia,* one has to speculate on the potential role changes associated with the evolutionary pattern described above. It seems reasonable, based on the preliminary study of CAI teachers at Philadelphia plus the role factors and patterns of development for CAI, to predict the following teacher role changes:

1. The teachers will perform much less of the informational presentation functions presently found in our classrooms. Undoubtedly, the teacher will become much more involved in the managerial and strategy functions found in the sequencing and evaluation of the instructional process.

2. Teachers will play less of the corrective role in terms of their questioning and evaluative behaviors. This undoubtedly will offer a significant step forward in teacher-student relationships in that much of the negative verbal behavior observed in classrooms will now be shifted to a more individualized and private interaction within CAI.

3. Teachers will become much more concerned with the host of individual characteristics important in designing an instructional strategy; thus, the array of instructional resources and the decision making found in employing these resources will become more complex and also more frequent in terms of teacher behaviors.

4. The teacher will have a greater involvement in guiding individual students rather than in maintaining classroom discipline. With the computer relieving the teacher of the informational presentation tasks, she will be able to devote the time usually expended in group communication to individual counseling and advising.

5. Teachers will have to perform a wider range of discussion techniques, involving a richer opportunity to affect the social and emotional behavior of students. Teachers will have to have greater skill and understanding of human behavior, viewed in the broadest terms. This requirement may in part be aided by the CAI system's information retrieval capability, which may monitor the patterns and rates of student development.

---

*Hill, Russell A. & Furst, Norma. Teacher Behavior in CAI Classrooms. **Educational Technology,** September, 1969.

6. It is clear that the teachers will have a greater array of differentiated professionals joining them in the team effort to provide optimal instruction. Some teachers may become experts in the guidance process, while others may become more competent in the application of technological procedures and functions for the fullest employment of computer technology.

7. Teachers may take on many more of the diagnostic assessment and prescriptive functions presently assigned the school psychologist. Teachers may, in fact, utilize more group interactive procedures in an attempt to develop latent social and creative talents within their students.

These potential professional roles, which are more creative and interesting, should offer a promising world to our classroom teachers. While the threatening implications of computers are not to be minimized, it is clear that computers can become a welcome resource to the classroom teacher.

Implications for teacher training

Teacher training institutions have a challenge to anticipate the changing role of the teacher rather than follow at the heels of classroom practice. To accomplish this goal, a closer relationship will be required between schools of education and computer developments within local school districts. When this harmony is present, basic research and development could be performed that will give necessary insight into the full implications of technology on classroom practice.

Since the new roles of the teacher of the future can only be surmised, the changes in teacher training must also be a conjecture. It is perhaps safest to suggest that teachers in general will become more specialized at every level of instruction. Teachers may have a wide range of specialties to select within a differentiated staffing scheme. The "classroom manager" or master teacher may represent only one career pattern.

Within a school of education, a first step would be to have the computer as a monitor of prospective teachers learning their curriculum. This pattern of CMI would allow the teacher candidates to select one of many paths towards performance objectives deemed important for their role in the school. If the teachers' colleges pioneer these CMI programs, the extension to the public schools should be a natural evolution.

With the computer assuming the major responsibility for information dissemination, the teacher's role is likely to revolve around human relations, instructional strategies, construction of learning materials, and learning research. These priorities would suggest a major departure in course requirements for teachers. These creative requirements may very well attract a different type of college student into the teacher training program. Hopefully, the final results of this reorganization would be more effective instruction for the student and a more rewarding and professional role for the teacher. □

Impact du CAI sur les enseignants

D.N. Hansen et W.L. Harvey

(Résumé)

L'introduction de l'enseignement programmé à l'intérieur des écoles risque de provoquer des modifications tant dans le rôle des enseignants que sur leur choix. L'utilisation de telles méthodes se fera d'ailleurs progressivement et par palier.

Les enseignants, libérés en partie d'un certain nombre de fonctions: présentation de l'information, rôle de correction, discipline, pourront consacrer une partie de leur temps aux contacts individuels, aux discussions de groupes, aux conseils... Une spécialisation plus grande quant au niveau d'enseignement pourra peut être leur être demandé, ainsi qu'un travail en équipe devant aboutir à un rendement optimal.

Le résultat de cette réorganisation doit rendre l'enseignement plus efficace pour les étudiants et plus intéressant pour les maitres.

Impacto del CAI en el profesorado

D.N. Hansen et W.L. Harvey

(Resumen)

Amenaza con provocar modificaciones en las funciones del magisterio y en la elección de los profesores el que se introduzca la enseñanza programada en las escuelas, Por otra parte utilizarán progresiva y escalonadamente dichos métodos de enseñanza.

El profesorado, exento en parte de unas cuantas funciones - tales como presentar la información, corregir, disciplina - tendrá tiempo para invertir en mantener relaciones individuales y discusiones en grupos, y en dar consejos... Quizá les requieran mayor especialización con respecto al nivel de enseñanza así como que trabajen en equipo, lo que permitirá obtener un rendimiento óptimo.

La finalidad de dicha reorganización : que la ensenanza resulte más eficiente para los estudiantes y más interesante para los maestros.

Extrait de *Enseignement programmé* (Paris), 1969, p. 21-33 et 36-45

PEDAGOGIE ET PROGRAMMATION

Une expérience d'enseignement de biologie assisté par ordinateur à la Faculté des Sciences de Paris (P. C. E. M.)

Bernard ANDRIEUX, Dominique ANXOLABÉHÈRE, Nicole DAUGERAS,
Jacques FISZER, Michel LAUTHIER, Georges PÉRIQUET
Faculté des Sciences de Paris, Biologie Animale (P. C. E. M.).

L'Ordinateur pour Etudiants *(O. P. E.), à la Faculté des Sciences de Paris, a été créé et mis au point pour les besoins de l'enseignement des sciences physiques. Son utilisation dans d'autres disciplines est l'objet de plusieurs tentatives expérimentales.*

Un groupe de six enseignants du P. C. E. M. donne une illustration des possibilités de la machine dans l'enseignement de la biologie. Ils n'avaient eu auparavant aucun rapport avec l'informatique, ni avec l'enseignement programmé. D'après les informations recueillies jusqu'ici, il ne semble pas qu'un tel travail ait déjà été réalisé de manière identique.

Deux questionnaires ont été élaborés, concernant la Méiose *dans le règne animal.*

La machine utilisée est un ordinateur I. B. M. 360/30, capacité 16 K octets, 20 terminaux (machines à écrire), concentrateur de terminaux 3965.(1)

1. La matière

La nature même de la biologie, son évolution, les nécessités de son enseignement, soulèvent des problèmes spécifiques qui n'ont pas encore tous reçu de solution satisfaisante.

1. 1. La variabilité biologique.

On trouve rarement, en biologie, une affirmation ayant une valeur universelle. Chaque règle dite « générale » comporte le plus souvent des modalités diverses d'un groupe à l'autre, parfois d'une espèce à l'autre, voire d'un individu à l'autre. Et les singularités, les anomalies, les cas pathologiques, viennent encore amoindrir la portée d'une loi générale, et augmentent la difficulté de rédiger des questions et des commentaires dont la concision est imposée par l'utilisation de l'ordinateur.

De même doit-on prévoir certaines réponses d'étudiants se référant non pas au cas le plus typique, mais à tel ou tel cas particulier.

(1) Ces recherches pédagogiques se développent à la Faculté des Sciences de Paris, Ordinateur pour Etudiants (directeurs : Professeurs Le Corre et Jacoud), avec le concours actif du Département de Biologie du P.C.E.M. (Premier Cycle des Etudes Médicales).

1. 2. La variabilité du langage en biologie.

Un concept, un fait, un objet, peuvent avoir, en biologie, deux ou plusieurs désignations (exemple : *synapsis* et *appariement des chromosomes*). Ces diverses dénominations coexistent et sont effectivement utilisées ; des étudiants ayant suivi l'enseignement de professeurs différents auront pu acquérir, sur un même sujet, des vocabulaires sensiblement différents.

Un mot peut avoir diverses acceptions, et notamment un « sens large » (*s. l.*) et « un sens strict » (*s. s.*). Exemple : *œuf*.

Un terme désigne même parfois des objets ou des faits entièrement différents selon les groupes d'animaux ou de végétaux étudiés. Exemple : *tétrade*.

En outre, deux désignations admises comme équivalentes par tel biologiste sont parfois considérées par tel autre comme distinctes, ne serait-ce que par une nuance.

Enfin, un terme peut avoir subi, depuis sa création ou sa première utilisation en biologie, ce que les linguistes appellent un « glissement de sens », en raison de l'évolution des connaissances et des idées.

1. 3. L'illustration.

Dans la quasi-totalité des branches de la biologie s'impose l'utilisation de dessins, graphiques ou documents photographiques.

Leur absence peut entraîner l'étudiant à faire appel à ses facultés d'imagination, d'abstraction et de conception. Mais, le plus souvent, cette absence conduit à des descriptions chargées de périphrases laborieuses. Et les enseignants soutiennent, justement, qu'en biologie un bon schéma est en général préférable à de longues explications.

La *Méiose* a pu être traitée sans illustrations, dans la mesure où ne sont envisagés que ses caractères les plus généraux, dans le monde animal.

1. 4. Utilisation des possibilités actuelles de l'ordinateur.

Le « LANGAGE AUTEUR » (L. A.), créé par les informaticiens de l'O. P. E., permet aux enseignants d'adapter les questionnaires à l'ordinateur au moyen de codes simples (cf les *organigrammes* des questionnaires, *planches I* à *IV*, et les fragments de « *listings* », *figures 5* et *7*).

1. 4. 1. QUELQUES DÉFINITIONS.

— L'ensemble des réponses prévues pour une question donnée, et des commentaires qui leur sont associés, constitue un *bloc-réponse*, dont le contenu global ne peut dépasser 700 caractères.

— Chaque réponse prévue, correcte ou erronée, est appelée : *Réponse-Type* ou *RT*.

— Chaque commentaire est désigné par les lettres *CJ* ou *CF* selon les cas (*C* = commentaire ; *J* = réponse juste ; *F* = réponse fausse).

— Le commentaire lié à toutes les réponses non prévues dans le *bloc-réponse* est enregistré sous la rubrique *ARF* (= Autres Réponses Fausses).

1. 4. 2. L'ANALYSE VERBALE.

- Dans le « LANGAGE AUTEUR », un système dit d'*Analyse Verbale* présente, entre autres, les caractéristiques suivantes :

— Chaque *RT* est constituée par un ou plusieurs *mots-clefs*. Une réponse d'étudiant *coïncide* avec cette *RT* si elle contient exactement les mêmes *mots-clefs*.

Lorsque le commentaire lié à cette *RT* est désigné : *CJO* ou *CFO* (*O* = ordre), cette coïncidence ne se produit que si l'étudiant a écrit les *mots-clefs* dans l'ordre exact où ils se trouvent dans la *RT*. Les désignations : *CJD* ou *CFD* (*D* = désordre) permettent la coïncidence quel que soit l'ordre.

— D'autre part, une *RT* peut contenir de nombreuses réponses équivalentes, ou des présentations différentes d'une même réponse, grâce à l'utilisation de la fonction « *OU* » ici matérialisée par le symbole //.

Exemple : dans le bloc-réponse *09* de *K 18*

ADN//A D N//DNA//D N A

— De plus, l'utilisation de la fonction « *ET* », représentée ici par une « *tabulation* », permet de prévoir plusieurs *mots-clefs* séparés entre eux par d'autres mots éventuels.

Exemple, dans *K 18*, le bloc-réponse *13* contient la *RT* suivante :

Ovocytes//Oocytes (tabulation) *Premier ordre//I.*

Ce qui laisse à l'étudiant la faculté d'écrire : « *Ovocytes de premier ordre* », ou « *Oocytes du premier ordre* », ou « *Ovocytes I* », etc.

- Ces divers procédés permettent encore :

— de faire des *RT* spéciales pour des réponses inexactes, mais d'une probabilité suffisante, ou pour des réponses ni vraiment justes, ni totalement fausses, comme il s'en présente si souvent en biologie ;

— de grouper dans une même *RT* des réponses fausses, non synonymes, mais pouvant entraîner un même commentaire ;

Cf dans *K 18*, pour la question *05* :
Gonies//Spermatogonies//Ovogonies//Gonades, etc.

— de prévoir, et de rectifier, les fautes d'orthographe les plus courantes (exemples : *noyeau*, *chromozome* ou *cromosome*...) ;

— de rédiger, plus généralement, des commentaires plus nombreux et adaptés aux divers types de réponses, aux divers types d'erreurs ou d'imprécisions.

Enfin, l'ordinateur peut détecter une *négation* dans la réponse de l'étudiant, et fournir le commentaire le plus approprié en ce cas.

2. Les questionnaires

2. 1. *Orientation générale.*

Les questionnaires sont destinés à « *l'autocontrôle* » des étudiants du PCEM ayant suivi les enseignements de la Faculté des Sciences (cours, travaux dirigés, travaux pratiques). La séance à l'O. P. E. est facultative.

Aucune note, aucune appréciation, sous aucune forme, n'est décernée aux étudiants par leurs enseignants habituels ou par des tiers.

2. 2. *Méthodes de travail.*

- Les six membres du groupe, qui se sont cooptés, diffèrent entre eux par leur formation, leurs activités, leurs préoccupations. Cette diversité est une condition essentielle d'efficacité.

- Tout d'abord sont sélectionnés les faits et les concepts *les plus fondamentaux*, que nul étudiant ne peut ignorer lorsqu'il a vraiment compris la *Méiose*.

Puis, le plan général étant dressé, viennent la rédaction des questions successives, la prévision des réponses d'étudiants et la mise au point des commentaires.

2. 3. *Les questionnaires élaborés.*

2. 3. 1. LE PREMIER QUESTIONNAIRE (*Planche II*).

Désigné par le symbole : *K 18* (« *Introduction à la Méiose* »), il est de structure simple.

Il comprend 12 questions en *séquence normale*, linéaire, sans aucun débranchement. Il se propose de dégager certaines généralités, sans entrer dans le détail des mécanismes. Il doit permettre à l'étudiant de constater s'il a compris la signification biologique de la Méiose, s'il peut la localiser dans un organisme vivant, s'il en connaît les points de départ et d'arrivée, etc. Il permet encore de préciser la signification de certains termes et notions (Cf *Fig. 1* à *3*).

K 18 se termine par l'annonce d'un questionnaire plus détaillé.

2. 3. 2. Le second questionnaire (*Pl. I, III* et *IV*).

Désigné : *K 68* (« *La Méiose, nouveau programme* »), il est en fait constitué de *deux sous-questionnaires* (*K 68* proprement dit, et *K 19*), qui s'enchaînent automatiquement (Cf *Fig. 4* à *7*).

Il comprend au total 31 questions, dont 27 en *séquence normale*, et 4 en *débranchement*.

Le déroulement précis de la *Méiose* s'y trouve analysé. La *mitose réductionnelle* fait naturellement l'objet d'un nombre important de questions. En cours de route sont dégagées, soit par les réponses prévues des étudiants, soit dans les textes des questions ou des commentaires, les notions essentielles : *appariement*, *chromosomes homologues*, *réduction chromatique*, *chiasma*, *crossing-over*, *autosomes* et *hétérochromosomes*, etc.

Il s'achève sur la notion du rétablissement de l'état diploïde grâce à la *fécondation*, et sur l'importance du « *brassage du génome* ».

Un sondage final permet de connaître, en partie, l'*opinion des étudiants* sur le questionnaire, et leurs *suggestions* pour de futurs programmes.

2. 4. Principales caractéristiques des questionnaires.

2. 4. 1. Refus des Q. C. M.

La formule : « questions à choix multiples » a été écartée, à deux exceptions près cependant.

Dans la quasi-totalité des cas, l'étudiant doit *écrire lui-même* le ou les mots importants, et donc d'abord les *rechercher* dans sa mémoire ou comme conséquence d'un raisonnement.

Cet effort de réflexion et de construction concrète des mots assimilable, dans une certaine mesure, à une véritable « *re-création* », apparaît d'une importance pédagogique primordiale.

2. 4. 2. Exactitude et rigueur.

Chaque étudiant doit posséder un vocabulaire minimal, sans lequel il ne pourrait poursuivre aucune étude biologique.

Par exemple, dans *K 18*, la question *05* (« *désigner les cellules dans lesquelles peut s'observer la Méiose* ») appelle normalement la réponse : « *cellules germinales*, ou *germinatives* ». Les réponses : « *cellules sexuelles* » ou « *reproductrices* », et surtout : « *gamètes* », sont inacceptables (Cf *Fig. 1*).

Une certaine rigueur est même requise.

Pour la question *15*, dans *K 18* (« *nom des cellules femelles à la fin de la Méiose* »), la réponse : « *œufs* » au lieu d'« *ovotides* » est rejetée, avec un commentaire explicatif (*Fig. 3*).

2. 4. 3. Notions fondamentales.

Les questionnaires se limitent aux concepts et aux faits les plus importants, et à ceux dont la compréhension peut présenter les difficultés les plus grandes.

L'expérience de l'enseignement indique fréquemment que la connaissance exhaustive d'une nomenclature complexe n'est pas nécessairement liée à la compréhension raisonnée des mécanismes. Et l'ordinateur ne doit sans doute pas avoir pour rôle premier de faciliter la mémorisation de longues listes de mots (encore que cela ne puisse être totalement exclu).

En particulier, dans les deux parties de *K 68*, une dizaine de questions concernent la *prophase I*. La nomenclature habituelle des aspects successifs de cette phase n'est ni citée dans le texte des questions ou des commentaires, ni demandée à l'étudiant (à la seule exception de la *diacinèse*). L'accent est mis avant tout sur les caractéristiques et les faits essentiels de cette *prophase I*, et ce qui la distingue d'une *prophase homéotypique*.

2. 4. 4. DIVERSITÉ.

Les questions posées sont de nature variée.

Est demandée soit la dénomination d'un fait ou d'un objet, soit la description, concise, d'un phénomène. Quelques problèmes sont posés, dont la solution exige un raisonnement rigoureux, et même parfois ce qu'on pourrait appeler des « pièges ».

Les questionnaires sont adaptés aux divers niveaux de connaissance et de compréhension prévisibles de la part des étudiants, mais dans une trop faible mesure il est vrai.

Après une réponse erronée, un commentaire repose parfois la question sous une forme quelque peu différente, en y ajoutant même de nouvelles explications.

Exemple : la *gamétogenèse*, objet de la question *06* de *K 18* (*Fig. 1*).

En cas de réponse approximative, l'étudiant doit répondre de nouveau, avec précision.

Exemples : « *spermatocytes I* » pour « *spermatocytes* », « *ADN* » pour « *acides nucléiques* ».

Dans d'autres cas, c'est le système des *débranchements* qui est utilisé.

Ainsi, un étudiant répondant d'emblée correctement à la question *03* de *K 68* (« *Nombre d'ovules finalement formés à partir d'un ovocyte I* ») est censé connaître l'existence des *globules polaires*, et l'on enchaine sur un problème différent. Au contraire, celui qui répond par exemple : « *4 ovules* » se voit poser deux questions explicatives, *Q 14* et *Q 15*, non posées au précédent. Le parallélisme ainsi établi entre *l'ovogenèse* et la *spermatogenèse* est d'abord confirmé ; puis sont soulignées les différences, et l'étudiant est conduit à expliciter la notion de *globules polaires* (Cf *pl. III*).

Dans l'avenir, il sera souhaitable de développer plus systématiquement, et de diverses manières, de tels procédés, et d'en explorer au maximum les possibilités.

3. Résultats

3. 1. Déroulement de la séance à l'O. P. E.

- De mai à juillet 1969, plus d'une centaine d'étudiants, de diverses sections du P. C. E. M., sont venus répondre au premier questionnaire (*K 18*). Un tiers d'entre eux, environ, ont pu revenir pour le second (*K 68*).

Depuis novembre 1969, les questionnaires sont également proposés à d'autres étudiants, notamment de propédeutique biologique (CB-BG, CB2 et BG2) et de licence (C1).

- Pour chaque étudiant, la séance dure de 30 à 50 minutes en général.
- Il est probable que le vif intérêt manifesté par les étudiants pour cette expérience est dû, en partie, à l'attrait de la nouveauté pédagogique et technique.
- Les exigences matérielles de l'utilisation du pupitre, quoique ressenties comme des contraintes, sont rapidement assimilées.
- L'expérience a montré que l'étudiant doit se sentir libre, *sans témoin*, pendant qu'il procède à son « *auto-contrôle* ». Les enseignants n'interviennent qu'à la demande de l'étudiant. D'autant qu'après deux réponses erronées, l'ordinateur lui fournit la réponse correcte.

3. 2. Les réactions des étudiants.

3. 2. 1. LES SOURCES D'INFORMATION.

- En fin de séance, depuis octobre 1969, l'ordinateur délivre régulièrement un *inventaire statistique* des divers types de réponses obtenues pour chaque question, ainsi que la liste de toutes les « *réponses non prévues* ».

L'analyse de ces documents est en cours, et pourra faire l'objet d'une publication ultérieure.

- Les *conversations personnelles* avec les étudiants, après les diverses séances, apportent d'autres informations particulièrement utiles.

Les étudiants sont dûment avisés que ces travaux ont encore un caractère expérimental, et qu'eux-mêmes sont ici considérés non pas tant comme des élèves, mais plutôt comme des collaborateurs, dont les réactions permettront d'améliorer les questionnaires, d'en élaborer d'autres selon des modèles différents, et d'aider les enseignants à mieux définir leur rôle.

3. 2. 2. L'AISANCE DE L'EXPRESSION.

Tous les étudiants se sentent, selon leur propre expression, « détendus » en présence de la machine.

En première approximation, on peut penser que l'étudiant, qui n'est pas certain d'une réponse, l'exprime plus facilement qu'il ne le ferait à un enseignant.

Cette libération de l'expression, outre la recherche active de la réponse, aboutit vraisemblablement à un « *renforcement des connaissances* ». Un tel mécanisme reste cependant à démontrer et à analyser.

De plus, l'habitude de répondre plus aisément, développée par cette méthode, se retrouvera probablement dans d'autres types d'interrogations, donnant progressivement à l'étudiant une plus grande confiance en soi.

3. 2. 3. LES ÉTUDIANTS EN PRÉSENCE DES QUESTIONNAIRES.

3. 2. 3. 1. *Premières impressions ; la rigueur.*

Ce qui dès le début frappe intensément chaque étudiant, c'est la nécessité de fournir une *réponse précise*. Dans les interrogations de type traditionnel, il peut s'exprimer plus ou moins longuement, s'approcher peu à peu de la solution, arriver finalement à se faire comprendre, dans le style : « vous voyez bien ce que je veux dire ». Ici, rien de tel.

Cette exigence de rigueur, en biologie, est pour les étudiants du P. C. E. M. une nouveauté tellement déroutante qu'ils ne savent pas d'abord, au juste, s'ils doivent s'en féliciter ou la déplorer. Par la suite, ils aboutissent très généralement à des conclusions favorables sur ce point.

3. 2. 3. 2. *Le langage utilisé.*

L'enseignant doit se garder de deux dangers :

— d'une part, une « *personnalisation* » de l'ordinateur tendant à lui attribuer une conduite et des réactions humaines ;

— d'autre part, une « *froideur* » mécanique, sous prétexte de « neutralité », et qui serait sans doute rebutante à la longue.

Les étudiants paraissent satisfaits de l'équilibre finalement réalisé dans les questionnaires.

3. 2. 3. 3. *L'efficience des questionnaires.*

- La séance à l'O. P. E. est inutile, et d'ailleurs déconseillée, pour les étudiants qui n'ont jamais appris la *Méiose*.

- Des étudiants ayant spécialement travaillé ce sujet, en vue de la séance, n'en ont pas retiré le profit escompté. Les questionnaires, en effet, n'ont pas été conçus pour un tel niveau de connaissance, malgré des efforts de diversification. L'une des tâches à venir sera précisément de varier leurs structures, pour mieux les adapter aux différents cas.

- La séance est manifestement bénéfique, avant tout, pour tous ceux qui ont étudié la *Méiose* ni plus ni moins qu'une autre partie du cours, et pour qui, par conséquent, certains points ont pu rester dans l'obscurité ou dans l'incertitude.

Il s'agit là, en fin de compte, de la majorité des étudiants venus à l'O. P. E.

3. 2. 4. REMARQUES, CRITIQUES ET SUGGESTIONS DES ÉTUDIANTS.

3. 2. 4. 1. *Sur la méthode.*

Très intéressés, les étudiants sont en général convaincus de l'efficacité et de l'avenir de la méthode. Ils en souhaitent tous l'extension la plus large.

Quelques étudiants ont paru soucieux devant la perspective d'un univers mécanique et automatique qui semblerait devoir éliminer peu à peu la réflexion et l'initiative humaines. En tout état de cause, on ne saurait négliger de telles préoccupations.

3. 2. 4. 2. *Sur les questionnaires de biologie.*

- *Telle ou telle question n'est pas formulée de façon satisfaisante.*

De ce fait, les questionnaires ont été remaniés chaque fois que cela paraissait justifié.

- *Après une réponse inexacte, l'ordinateur, au lieu de délivrer une formule passe-partout : « réfléchissez et répondez de nouveau », devrait reposer la question sous une forme différente, au besoin avec de nouvelles informations.*

Cette remarque est sans doute l'une des plus pertinentes et des plus constructives.

Les questionnaires ont été sensiblement modifiés, depuis lors, en ce sens, pour quelques questions du moins. A l'avenir, ce problème retiendra toute l'attention qui s'impose.

- *Quelques questions paraissent à peu près inutiles, les réponses étant trop simples ou trop évidentes.*

Cette constatation rejoint entièrement les préoccupations actuelles des auteurs des programmes. Sur ce point, les questionnaires n'ont pu être modifiés, la conception d'ensemble étant en cause. Les programmes futurs seront élaborés selon des modèles tout différents.

- *Un dialogue avec l'ordinateur* est souvent souhaité par les étudiants. Il s'agirait notamment de pouvoir *interroger la machine*, lui demander une *définition*, ou même l'*explication complète* d'une notion ou d'une partie de cours non clairement comprise.

La première demande peut désormais être satisfaite grâce au « *système de documentation automatique* » récemment réalisé à l'O. P. E. (Cf *Fig. 3*). Les définitions sont enregistrées dans ce « dictionnaire », par les enseignants, au fur et à mesure des besoins.

Dans un stade ultérieur, on peut envisager pour l'étudiant la possibilité de demander une formulation différente d'une question, de solliciter des précisions ou des informations nouvelles permettant de mieux situer le problème, ou même de refuser, au moins pour un temps, la question posée et d'en demander une autre.

En revanche, l'exposé d'une partie de cours par l'ordinateur ne correspond pas à la conception actuelle de la méthode, et soulève de toute façon des difficultés, de principe et d'application, qui ne peuvent être résolues sans précautions.

3. 2. 4. 3. *Bilan.*

En résumé, et compte tenu des réserves signalées, les étudiants sont satisfaits de la méthode et des questionnaires, et en souhaitent de nouveaux.

Les réactions les plus favorables ont été, sans doute, celles des étudiants qui, partant de l'O. P. E., déclaraient : « *maintenant, je sais ce que je dois revoir dans mon cours* ».

3. 3. Opinions d'enseignants.

3. 3. 1. RÉSERVES.

Toute technique nouvelle rencontre inévitablement au départ scepticisme et réticences, ou conduit tout au moins à s'interroger sur l'opportunité et l'intérêt d'un éventuel bouleversement d'habitudes.

De telles réactions, prévisibles, peuvent être utiles et stimulantes dans la mesure où elles contraignent à un travail plus rigoureux, à une réflexion plus approfondie, à l'obtention de résultats plus convaincants.

En fait, les réticences ont été dans l'ensemble assez peu nombreuses de la part des collègues biologistes, enseignants de divers Départements et de diverses UER, aussi bien Professeurs qu'Assistants, à l'appréciation desquels les questionnaires sur la *Méiose* ont été soumis.

Les principales réserves ont été les suivantes :

— Refus de toute tentative de *substitution* de « l'enseignement assisté par ordinateur » aux formes habituelles de transmission et de contrôle des connaissances.

— Perplexité devant le montant très élevé des *investissements* financiers, matériels et intellectuels, que supposent la mise en application et l'extension de la méthode, et doute quant à son utilité réelle.

— Hostilité de principe à tout mécanisme automatique venant *s'interposer* entre les enseignants et les enseignés et risquant de modifier, ou de rompre, les rapports humains.

3. 3. 2. ENCOURAGEMENTS.

De façon générale, une information plus complète atténue notablement la plupart des objections.

En particulier, dès qu'est mieux perçue la notion « d'ordinateur », avec ses caractéristiques et ses possibilités distinctes de celles d'un simple mécanisme linéaire et borné, et dès qu'est mieux comprise la nature exacte de la méthode « *d'auto-contrôle* » assisté par ordinateur, ainsi que ses limites, les oppositions s'affaiblissent.

Dans l'ensemble, scepticisme, réserves et inquiétudes se sont trouvés transformés en intérêt bienveillant, en approbation parfois chaleureuse, et même en enthousiasme, par le contact direct avec l'ordinateur et la méthode, et par l'utilisation concrète des questionnaires.

Les problèmes importants, et même graves, précédemment évoqués, ne disparaissent pas pour autant, loin de là. Mais ils ne trouveront de solution que lorsque sera clairement démontrée la valeur spécifique de la méthode, irréductible à toute autre, et qu'ainsi sera évidente pour tous l'apparition d'un véritable besoin.

Il demeure qu'un premier bilan des réactions des enseignants de biologie peut actuellement être considéré comme positif et nettement encourageant. Et leurs remarques, leurs suggestions, sont des plus utiles pour l'avenir, dans la perspective d'une poursuite et d'une amélioration de ces travaux.

3. 4. D'autres constatations.

- La simplicité du premier questionnaire, *K 18*, dans sa conception et sa construction, est acceptable pour une séance « d'initiation ». Elle n'est plus de mise pour d'autres questionnaires, plus complets, et d'ambition plus haute.

- Le second questionnaire, *K 68*, en deux parties, est trop long. La mise au point définitive d'un tel programme est une entreprise difficile, et même fastidieuse, chaque modification nécessitant souvent d'autres changements.

. *K 68* aurait dû négliger les problèmes simples, ou de compréhension aisée, quitte à les évoquer dans certains « débranchements », et être consacré essentiellement à l'étude approfondie d'un nombre réduit de questions.

De façon générale, l'obligation de passer en revue *toutes* les notions importantes est une conception désormais périmée.

- Trop nombreuses sont les questions du type : « *comment désigne-t-on... ?* », en dépit des tentatives de diversité. Sans exclure de telles questions, bien entendu, il convient de faire le plus souvent expliquer par l'étudiant lui-même le déroulement ou le mécanisme des faits. Cependant, le fait qu'une réponse d'étudiant ne peut excéder 50 caractères limite actuellement les possibilités dans cette voie.

4. Perspectives

4. 1. L'intérêt spécifique de la méthode. Ses limites.

- « *L'enseignement assisté par ordinateur* » n'est pas une panacée.

Il ne s'agit pas de remplacer par cette méthode les cours, travaux dirigés et pratiques, interrogations et examens.

- Mais l'apport de cette méthode peut être foncièrement original, en raison de la nature et des potentialités de l'ordinateur qui le distinguent d'un automatisme banal. La multiplicité des fonctions de la machine, sa souplesse, la richesse et la diversité des informations qu'elle peut recevoir, traiter ou délivrer, son adaptation à chaque utilisateur ou à chaque type d'utilisateur, en font un instrument qui ne peut se comparer à aucun autre.

- L'importance pédagogique de la méthode, déjà soulignée précédemment, sera utilement complétée par l'analyse des « inventaires » et statistiques fournis par la machine après chaque séance, de tels documents permettant dans une certaine mesure :

— d'évaluer le degré de compréhension, par les étudiants, de telle ou telle partie du cours ;

— d'apprécier la validité de chaque questionnaire.

- Tout questionnaire bien conçu est utilisé simultanément par un groupe d'étudiants, et concerne cependant *chacun d'eux* individuellement, en respectant ses aptitudes et sa liberté d'action. Aucun étudiant ne doit se sentir laissé à l'écart, ni être tenté de s'y résigner.

Cela détermine par avance certaines limites dans l'interprétation de documents statistiques.

- L'extension de la méthode s'accompagnera sans doute de modifications sensibles dans les rapports entre les enseignants et les étudiants, voire dans les formes mêmes de l'enseignement.

Il en résultera en outre une collaboration effective, et poussée, entre enseignants de diverses disciplines, contribuant à faire disparaître certains cloisonnements factices.

4. 2. Regards sur l'avenir des ordinateurs dans l'enseignement.

- On peut prévoir que l'évolution technique introduira l'ordinateur dans les domaines les plus variés de la vie courante. Les machines devenant plus puissantes, moins encombrantes, plus maniables, mieux adaptables aux divers besoins, et moins coûteuses, ce processus ne pourra que s'accélérer.

Il est peu vraisemblable que l'enseignement demeure l'un des seuls secteurs résistant à ce mouvement.

- Si, le moment venu, les enseignants restaient sans préparation technique, pédagogique, psychologique, sans avoir réfléchi à la nature exacte du phénomène, les risques seraient sérieux :

— ou bien des enseignants emploieraient *ex abrupto* l'ordinateur d'une manière inadéquate, ce qui pourrait conduire à des impasses, des découragements, des pertes de temps ;

— ou bien la tentation serait d'imiter les expériences étrangères, faites dans des circonstances différentes, et non transposables telles quelles en général, d'où de nouvelles déconvenues ;

— ou bien encore, des spécialistes prendraient entièrement en charge l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement, ou du moins la dirigeraient, ce qui ne satisferait peut-être pas tous les enseignants et les enseignés.

- Ainsi convient-il de préparer l'avenir, d'apprendre à maîtriser la technique pour mieux la contrôler et en comprendre toutes les potentialités, et les limites.

- On doit également être en mesure de soumettre aux techniciens et aux informaticiens, en connaissance de cause, les problèmes soulevés par les nécessités de l'enseignement, dans les diverses disciplines et à tous les niveaux, afin de les aider à créer des instruments correspondant de mieux en mieux aux besoins réels tels que les enseignants, et les étudiants, peuvent les connaître.

- L'utilisation clairvoyante des machines contribuera, en outre, à détruire le mythe naissant de « l'ordinateur » considéré comme une entité mystérieuse, omnipotente et omnisciente, dont l'accès serait réservé à quelques élites, et dont les « décisions » seraient irrécusables.

4. 3. L'enseignement de la biologie assisté par ordinateur.

4. 3. 1. LES RISQUES.

L'intérêt et la satisfaction témoignés par les enseignants et par les étudiants, dans l'ensemble, ne peuvent masquer la complexité des problèmes propres à la biologie.

Dans un domaine où la verbosité et l'approximation ne sont pas rares, les étudiants sont tenus, devant leur pupitre, à une grande rigueur de langage et donc, sans doute, d'idées. C'est une circonstance très favorable à des études scientifiques. On ne peut se contenter toutefois d'une telle constatation, qui comporte de réels dangers.

Principalement le danger de *schématisation.* Les incertitudes du vocabulaire, la fluidité du langage, la redondance des dénominations, en certains domaines de la biologie, ne s'expliquent pas uniquement par le poids des traditions et la succession de « modes » qui s'accumulent sans annuler les précédentes. D'autres raisons existent.

La connaissance globale d'un phénomène biologique exige souvent le concours d'observations et d'expérimentations fondamentalement différentes, ayant chacune son propre langage et sa propre méthodologie. Et les conceptions évoluent rapidement, avec la découverte de nouveaux faits et résultats, et avec l'emploi de nouvelles techniques de recherche. Qu'un phénomène biologique se laisse emprisonner dans une formule simple, voire quantifiable, c'est une réalité en divers domaines, mais ce n'est pas le cas général en l'état actuel ; et cela correspond souvent à des aspects particuliers, fragmentaires, ou momentanés, de processus dont les autres composantes sont supposées stabilisées, ou sont encore ignorées.

On peut être tenté, disposant d'un ordinateur, de ne l'employer que pour des problèmes incluant des descriptions sériées, des raisonnements discursifs ou des formules quantifiables. Une telle démarche est naturelle ; les questionnaires sur la *Méiose* sont de ce type, de même que d'autres programmes en projet.

Mais restreindre l'utilisation de l'ordinateur à de tels domaines serait en limiter sans raison le rôle et la portée. Et le risque serait d'ancrer dans l'esprit des étudiants, voire dans celui des enseignants, l'idée que toute la biologie peut être ainsi schématisée, formalisée ou calculée. Ce serait condamner l'usage de l'ordinateur en biologie.

4. 3. 2. LES POSSIBILITÉS, LES BESOINS.

4. 3. 2. 1. *Progrès techniques.*

La réalisation de tous les projets est conditionnée par l'évolution de la technologie, comme de l'informatique. L'ordinateur sera certainement, en tout état de cause, un instrument de plus en plus adapté aux nécessités les plus complexes, et les plus contradictoires, de l'enseignement de la biologie. Les dangers qui viennent d'être évoqués n'en seront que plus aisément évités, pour peu que l'on soit attentif à ces problèmes.

Les améliorations techniques souhaitables peuvent être, les unes envisagées à court ou moyen terme, les autres accessibles seulement à longue échéance probablement.

Il s'agit notamment :

- des *illustrations*, par des systèmes de « passe-vues » à commande automatique ou semi-automatique, ou des écrans cathodiques, ou l'emploi de films ou d'autres images animées en connexion avec l'ordinateur ;
- *de l'utilisation simultanée des diverses fonctions de l'ordinateur* (par accroissement de la capacité de l'unité centrale, multiplication des terminaux, « temps partagé »), ce qui rendrait la machine accessible à un bien plus grand nombre d'étudiants ;
- d'éventuelles modifications dans les *moyens de communication* avec la machine (combinaison avec divers moyens audio-visuels) ;
- de multiples autres améliorations actuellement en cours d'étude à l'O. P. E. : accroissement possible de la capacité des « blocs-réponses », analyse verbale plus poussée concernant la structure même des mots pour en discerner les éléments essentiels, etc.

4. 3. 2. 2. *Projets.*

- L'élaboration de questionnaires selon un modèle stéréotypé est exclue.

D'autre part, les questionnaires de biologie devront tôt ou tard être renouvelés, sous peine d'être périmés, en raison de l'évolution des connaissances et des idées scientifiques, comme en raison des progrès techniques de l'ordinateur et des changements à venir dans la conception de « l'enseignement assisté ».

- La participation effective d'étudiants à la confection des programmes, selon des modalités à définir, apparaît souhaitable.
- Divers types de programmes peuvent être conçus et prochainement réalisés :

— *Questions peu nombreuses* en séquence normale, avec de multiples *débranchements et ramifications*, et retour éventuel à des questions déjà posées. Un tel programme, incluant des problèmes difficiles et d'autres relativement simples, s'adapterait à chaque étudiant, lui laissant même, peut-être, l'initiative du choix de telle ou telle question, ou de tel ou tel débranchement.

— *Couplage* entre deux, ou plusieurs, questionnaires différents portant sur le même sujet, l'un comprenant surtout des questions plutôt difficiles exigeant connaissances solides et raisonnement poussé, l'autre constitué d'un enchaînement de questions plus simples passant en revue les notions fondamentales. L'étudiant répondant péniblement au premier questionnaire serait dirigé, automatiquement ou à sa demande, sur le second.

— *Intervention directe de l'étudiant*, en cours d'interrogation, sur la construction même des questionnaires, pour en décider l'orientation et le but. L'étudiant ne serait plus tenu de se conformer à un organigramme pré-établi, il prendrait ainsi de plus en plus de responsabilité dans son propre enseignement.

— *Programmes de « simulations »*, dont certains modèles sont expérimentés ou en projet à l'étranger. L'ordinateur, jusqu'ici instrument d'interrogation et de dialogue, devient alors un outil permettant à l'étudiant de réaliser « fictivement » diverses expériences, de recréer des conditions écologiques, etc., et d'observer rapidement les effets possibles de la variation de tel ou tel paramètre ou ensemble de paramètres. L'étudiant devrait en cours de route pouvoir rectifier ses erreurs, combler ses lacunes, redresser les fautes de raisonnement.

— Plus généralement, et quelles qu'en soient les modalités, un véritable *dialogue étudiant-machine* doit s'établir et se développer.

Ces différents projets soulèvent des problèmes considérables, tant au sujet des moyens matériels nécessaires, que sur le plan des principes mêmes de ces expériences. Ils donnent cependant une idée de l'étendue du champ d'application de l'ordinateur, et particulièrement dans l'enseignement de la biologie.

ANNEXE

FIGURES 1 à 7

Extraits de « *listings* » et de « dialogues » étudiant-machine.

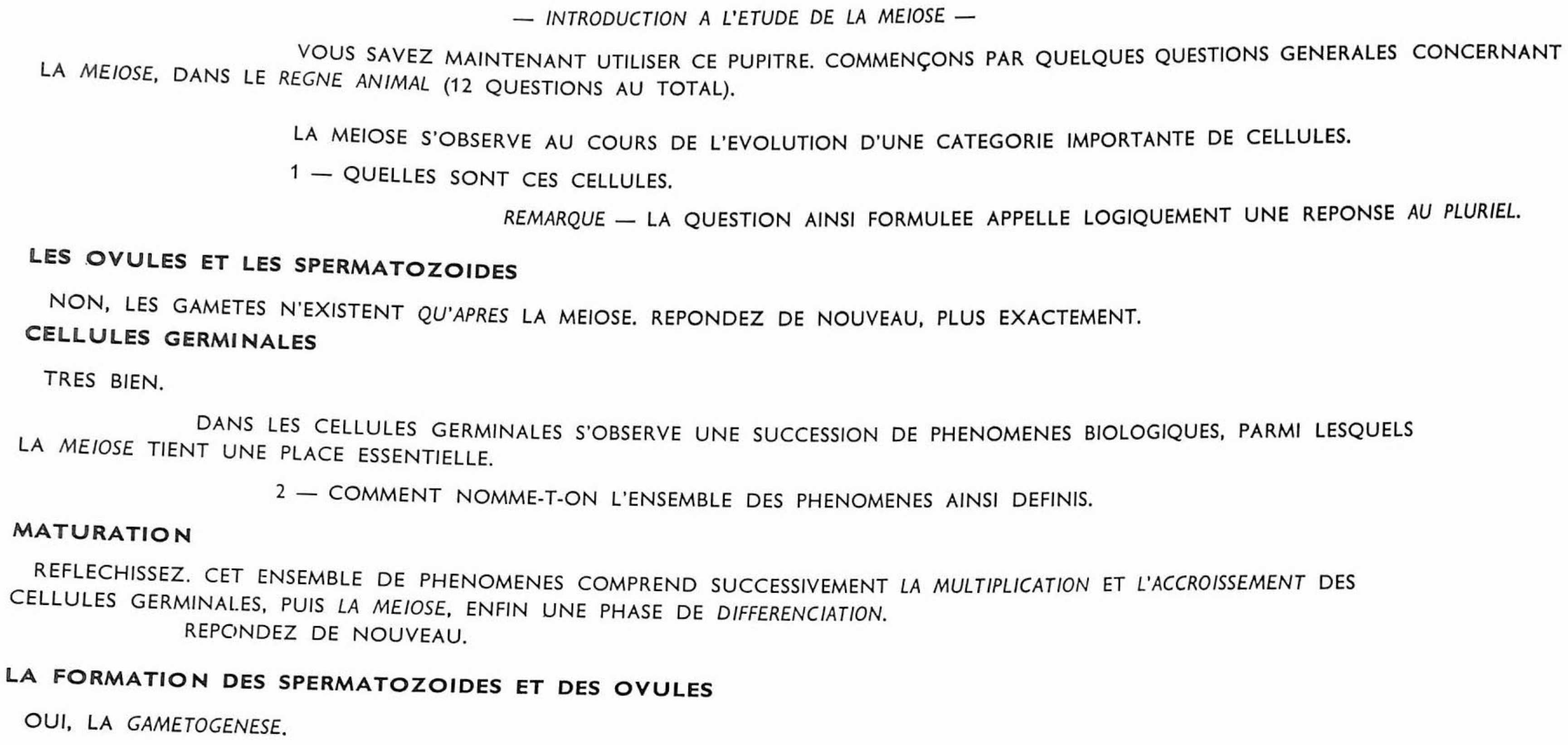
Nota. Dans les extraits de « *listings* » et de « dialogues » étudiant-machine, ici recomposés, des caractères différents ont été utilisés par souci de clarté. Les documents originaux ne comprennent en réalité *qu'un seul type de caractères*, en *noir* ou en *rouge*.

Dans les figures ici présentées, sont écrits :

— EN CARACTÈRES DROITS les textes délivrés par *l'ordinateur*, en *noir* : questions, commentaires, définitions.

— *EN ITALIQUES* certains termes inscrits en *rouge*, à l'intérieur de ces textes écrits en noir, pour les mettre en relief (guillemets et soulignements ne sont pas utilisables aux terminaux actuels).

— **EN CARACTÈRES GRAS** tout ce qu'écrit *l'étudiant*, et apparaissant normalement en *rouge* sur son pupitre : réponses, appels au « dictionnaire ».



— *INTRODUCTION A L'ETUDE DE LA MEIOSE* —

VOUS SAVEZ MAINTENANT UTILISER CE PUPITRE. COMMENÇONS PAR QUELQUES QUESTIONS GENERALES CONCERNANT LA *MEIOSE*, DANS LE *REGNE ANIMAL* (12 QUESTIONS AU TOTAL).

LA MEIOSE S'OBSERVE AU COURS DE L'EVOLUTION D'UNE CATEGORIE IMPORTANTE DE CELLULES.

1 — QUELLES SONT CES CELLULES.

REMARQUE — LA QUESTION AINSI FORMULEE APPELLE LOGIQUEMENT UNE REPONSE *AU PLURIEL.*

LES OVULES ET LES SPERMATOZOIDES

NON, LES GAMETES N'EXISTENT *QU'APRES* LA MEIOSE. REPONDEZ DE NOUVEAU, PLUS EXACTEMENT.

CELLULES GERMINALES

TRES BIEN.

DANS LES CELLULES GERMINALES S'OBSERVE UNE SUCCESSION DE PHENOMENES BIOLOGIQUES, PARMI LESQUELS LA *MEIOSE* TIENT UNE PLACE ESSENTIELLE.

2 — COMMENT NOMME-T-ON L'ENSEMBLE DES PHENOMENES AINSI DEFINIS.

MATURATION

REFLECHISSEZ. CET ENSEMBLE DE PHENOMENES COMPREND SUCCESSIVEMENT *LA MULTIPLICATION* ET *L'ACCROISSEMENT* DES CELLULES GERMINALES, PUIS *LA MEIOSE*, ENFIN UNE PHASE DE *DIFFERENCIATION.*

REPONDEZ DE NOUVEAU.

LA FORMATION DES SPERMATOZOIDES ET DES OVULES

OUI, LA *GAMETOGENESE.*

Fig. 1. — EXEMPLE DE DIALOGUE ÉTUDIANT-MACHINE (questionnaire *K 18*, questions *05* et *06*).

- Les questions *01* à *04* permettent à l'étudiant de se familiariser avec le clavier de la machine à écrire. La première question portant sur la *Méiose* est, de ce fait, la question *05*.

- Toute réponse erronée ou imprécise est suivie d'un commentaire, et l'étudiant doit fournir une nouvelle réponse. En cas de nouvelle erreur, la machine donne la bonne réponse, puis pose la question suivante.

- Pour une même réponse, diverses formulations peuvent en général être acceptées. L'étudiant aurait pu répondre à la question *05* : *cellules germinatives*, ou *de la lignée germinale*, ou *cytes*, ou *spermatocytes et ovocytes* (ou vice versa), etc.

  De même, pour *Q 06* sont encore prévues les réponses : *genèse* ou *formation des gamètes*, ou *ovogenèse et spermatogenèse* (ou vice versa), etc.

- Après la séance, l'étudiant emporte le papier sur lequel s'est inscrit l'ensemble de son « dialogue » avec la machine (un tel document est appelé « *printout* » par les auteurs de langue anglaise).

5 — QUEL EST LE CONSTITUANT BIOCHIMIQUE PRINCIPAL DES CHROMOSOMES.

CE N'EST PAS L'ACIDE DESOXYRIBONUCLEIQUE

REFLECHISSEZ, ET REPONDEZ DE NOUVEAU, PAR L'ABREVIATION CONVENTIONNELLE SI VOUS LE DESIREZ.

C'EST L'A. D. N.

BIEN, C'EST EN EFFET *L'ACIDE DESOXYRIBONUCLEIQUE.*

6 — DONNER LA FORMULE GENERALE DU NOMBRE DE CHROMOSOMES D'UNE CELLULE DIPLOIDE.

DEUX N

OU PLUS SIMPLEMENT 2N.

7 — COMMENT NOMME-T-ON ALORS UNE CELLULE A N CHROMOSOMES.

APLOIDE

OUI, MAIS NOTEZ SOIGNEUSEMENT L'ORTHOGRAPHE EXACTE DE CE TERME IMPORTANT, *HAPLOIDE.*

Fig. 2. — DIALOGUE EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE *K 18* (questions *09* à *11*).

- Le « mot-clé » *désoxyribonucléique* assure normalement la « coïncidence » de la réponse de l'étudiant avec la « réponse type » enregistrée dans le système (*Q 09*). Mais cette « coïncidence » ne peut se faire ici, en raison de la présence d'une *négation.* Et la réponse de l'étudiant est dès lors traitée comme une « réponse non prévue » (*ARF*).
- Diverses fautes d'orthographe, effectivement observées dans la pratique, ont été prévues et pourront ainsi être corrigées : *aploïde*, *happloïde*, etc. (*Q 11*).

9 — DANS UN ANIMAL FEMELLE, COMMENT APPELLE-T-ON LES CELLULES DIPLOIDES EN ETAT DE SUBIR LA MEIOSE.

DES OOGONIES

LA *MEIOSE* NE SE DEROULE PAS DANS LES *GONIES*. REPONDEZ DE NOUVEAU.

OVOCYTES PRIMAIRES

OUI, *OVOCYTES I* OU DE PREMIER ORDRE.

10 — MEME QUESTION DANS LE CAS D'UN MALE.

* **DCM SPERMATOCYTES**

CELLULES GERMINALES MALES DANS LESQUELLES SE DEROULE LA MEIOSE.

* **DCM SPERMATOCYTES I**

SPERMATOCYTES DE PREMIER ORDRE (*2N* CHROMOSOMES).

CE SONT LES SPERMATOCYTES I

OUI.

D'UNE FACON GENERALE, LES OVOCYTES DE PREMIER ORDRE ET LES SPERMATOCYTES DE PREMIER ORDRE SONT REGROUPES DANS L'EXPRESSION *CYTES DE PREMIER ORDRE*.

11 — DANS UN ANIMAL FEMELLE, COMMENT NOMME-T-ON LES CELLULES A LA FIN DE LA MEIOSE.

DES ŒUFS

NON, C'EST LA UN ABUS DE LANGAGE. UN ŒUF EST, EN PRINCIPE, UNE CELLULE *DIPLOIDE*.
REPONDEZ PLUS EXACTEMENT.

OVULES

OUI, OVULES OU *OVOTIDES*.

12 — MEME QUESTION DANS LE CAS D'UN MALE.

SPERMATOZOIDES

NON, CETTE DENOMINATION EST PREMATUREE. LA MEIOSE N'ABOUTIT PAS DIRECTEMENT AUX SPERMATOZOIDES.
VOUS AVEZ OUBLIE UN STADE (LA *SPERMIOGENESE* SE DEROULANT *APRES LA FIN* DE LA MEIOSE).
REPONDEZ DE NOUVEAU.

* **DCM SPERMATIDE**

CELLULE HAPLOIDE MALE EN FIN DE MEIOSE.

DONC CE SONT DES SPERMATIDES

TRES BIEN.

Fig. 3. — DIALOGUE EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE *K 18* (questions *13* à *16*).

● **DCM* : l'étudiant, *avant de répondre* à la question posée, demande une définition au « *dictionnaire* », système de documentation automatique (*DCM* = documentation). Cette définition, concise (une centaine de caractères au maximum), sans donner une explication complète, peut aider l'étudiant à comprendre le sens de la question, ou à s'assurer de l'exactitude d'une réponse qu'il envisage de faire. L'appel au « *dictionnaire* » peut être renouvelé.

● Quelques réponses erronées typiques, fréquemment observées, sont présentes dans cet extrait : *ovogonies* ou *oogonies* pour *Q 13*, et surtout *spermatozoïdes* pour *Q 16*. Après le commentaire donné par la machine, l'étudiant répond plus exactement dans la plupart des cas.

CHACUN DES CHROMOSOMES APPARIES EST FISSURE, OU SE FISSURE, EN DEUX CHROMATIDES, SAUF EN UN POINT.
LEQUEL

LE CHROMOMERE

IL N'Y A PAS QU'UN CHROMOMERE LE LONG D'UN CHROMOSOME. RELISEZ ET REPONDEZ DE NOUVEAU.

C'EST LE CENTROMERE

OUI.

AINSI, AU COURS DE LA PROPHASE I, UNE PAIRE DE CHROMOSOMES HOMOLOGUES, FISSURE CHACUN EN DEUX CHROMATIDES UNIES PAR LE CENTROMERE, FORME UN GROUPE DE QUATRE ELEMENTS.
DANS UNE CELLULE ANIMALE, COMMENT APPELLE-T-ON UN TEL GROUPE DE QUATRE.

GEMINI OU BIVALENT

CERTES, UN BIVALENT (OU GEMINI) = 2 CHROMOSOMES APPARIES. MAIS CONNAISSEZ-VOUS UN TERME INDIQUANT QUE CE BIVALENT EST FORME DE 4 ELEMENTS.

NON, JE NE LE CONNAIS PAS

CE GROUPE DE 4 EST UNE *TETRADE*.

A L'INTERIEUR D'UNE TETRADE, ENTRE DEUX CHROMATIDES DE DEUX CHROMOSOMES HOMOLOGUES, PEUT SE PRODUIRE UN *CROSSING-OVER*.
EN QUOI CONSISTE, AU JUSTE, LE PROCESSUS AINSI DENOMME.

UN ENTRECROISEMENT

SOIT, MAIS QUE PEUT-IL SE PASSER PRECISEMENT AU NIVEAU D'UN POINT DE CONTACT ENTRE CHROMATIDES.

UNE CASSURE ET ENSUITE UNE RESSOUDURE

DONC, UN *ECHANGE* DE SEGMENTS.

Fig. 4. — DIALOGUE EXTRAIT DES QUESTIONNAIRES *K 68* ET *K 19*
(question *11* de *K 68*, et enchaînement automatique à *K 19*, questions *01* et *02*).

Après la réponse : *centromère* (*Q 11* de *K 68*) est posée, sans aucune solution de continuité, la première question de *K 19*.

Pour cette question *01* de *K 19*, la machine, ici, finit par donner la bonne réponse, comme il est de règle, systématiquement, après deux réponses non satisfaisantes ; et la question suivante est aussitôt posée.

****

K19 QUESTION Φ2

A L'INTERIEUR D'UNE TETRADE, ENTRE DEUX CHROMATIDES DE DEUX CHROMOSOMES HOMOLOGUES, PEUT SE PRODUIRE UN *CROSSING-OVER.*

EN QUOI CONSISTE, AU JUSTE, LE PROCESSUS AINSI DENOMME.

RΦ2J+

****

K19 REPONSE Φ2

1 UN *ECHANGE* DE MATERIEL GENETIQUE.

CJO OUI

QΦ3

*****

2 ECHANGE//ECHANGES

CJO BIEN.

QΦ3

*****

3 TRANSLOCATION//TRANSLOCATIONS

CFO LES TRANSLOCATIONS NE CONCERNENT PAS NECESSAIREMENT DES CHROMOSOMES *HOMOLOGUES.*

RELISEZ BIEN, ET REPONDEZ DE NOUVEAU.

QΦ2

*****

4 ENJAMBEMENT//CROISEMENT//CROISEMENTS//ENTRECROISEMENT//ENTRECROISEMENTS//CHIASMA//CHIASMAS//CHIASMATA//CONTACT//CONTACTS

CFO SOIT, MAIS QUE PEUT-IL SE PASSER PRECISEMENT AU NIVEAU D'UN POINT DE CONTACT ENTRE CHROMATIDES.

QΦ2

*****

5 CASSURE//CASSURES//RUPTURE//RUPTURES RESSOUDURE//RESSOUDURES

CJO DONC, UN *ECHANGE* DE SEGMENTS.

QΦ3

*****

6

ARF+ C'EST UN ECHANGE DE SEGMENTS, ET DONC DE MATERIEL GENETIQUE.

QΦ3

****

Fig. 5. — EXTRAIT DE « *LISTING* » DU QUESTIONNAIRE *K 19*

(« bloc-question » et « bloc-réponse » *02*. Le *zéro* est ici représenté par la *lettre* ϕ).

• Dans le « bloc-réponse » (ensemble des réponses prévues, des commentaires correspondants, et des codes du « LANGAGE AUTEUR »), les chiffres *1* à *6* (à gauche) désignent les divers types de réponses (« Réponses Types » ou *RT*).

1 : réponse donnée automatiquement à l'étudiant après deux réponses inexactes.

6 : commentaire fourni en cas de réponse « non prévue » (*ARF* = autres réponses fausses). Dans le cas présent, l'étudiant obtient la bonne réponse ; dans la plupart des cas, au contraire, le commentaire « *ARF* » demande à l'étudiant de *formuler une autre réponse.*

• Le symbole : // indique l'utilisation de la fonction « *OU* ». Le commentaire enregistré sous le n° *4* sera délivré à tout étudiant ayant écrit : *enjambement*, OU *croisement*, OU *entrecroisement*, etc.

• En n° 5, *l'espace* séparant les mots *ruptures* et *ressoudure* représente, en fait, une « *tabulation* », et indique l'emploi de la fonction « *ET* ». Le commentaire correspondant n'est fourni qu'à l'étudiant ayant écrit l'un des mots : *cassure* ou *rupture...*, ET le mot *ressoudure* ou *ressoudures*, quels que soient les mots éventuellement intercalés (cf *fig. 4*).

• Le code *CJO* (*C* = commentaire, *J* = réponse juste, *O* = ordre) indique que les mots séparés par la fonction « *ET* » doivent être écrits *dans l'ordre* ici enregistré.

Le code *CFO* (*F* = réponse fausse) correspond à une réponse inexacte, ou imprécise, etc.

Chaque commentaire se termine par « l'adresse » de la question suivante (*Q 03*), ou celle de la même question (*Q 02*) lorsque l'étudiant doit fournir une nouvelle réponse.

LES 46 CHROMOSOMES DE L'ESPECE HUMAINE COMPRENNENT 44 AUTOSOMES (22 PAIRES) ET 2 HETEROCHROMOSOMES OU CHROMOSOMES SEXUELS.
LA FORMULE CHROMOSOMIQUE GENERALE D'UNE CELLULE DIPLOIDE EST $2N = 2A + 2$ HETEROCHROMOSOMES.
LES DEUX HETEROCHROMOSOMES DE LA FEMME SONT X ET X, ET LA FORMULE EST DONC $2N = 2 \times 22 + XX$.
DANS LE CAS DE L'HOMME, LES HETEROCHROMOSOMES ETANT X ET Y, LA FORMULE S'ECRIT $2N = 2 \times 22 + XY$.
DES LORS, QUELLES SONT LES FORMULES CHROMOSOMIQUES DES SPERMATOZOIDES HUMAINS.

N = 22X

RELISEZ BIEN LA QUESTION, ET DONNEZ *LES DEUX FORMULES* EXACTES ET COMPLETES.

22 AUTOSOMES ET Y, ET N = 22A + X

BIEN.

TOUS LES OVULES ONT EVIDEMMENT LA MEME FORMULE $22+X$.
D'APRES LES DONNEES PRECEDENTES, COMBIEN DE TETRADES SE FORMENT, DURANT LA PROPHASE I, DANS LE CAS DE LA FEMME.

VINGT-TROIS

BIEN.

DANS UN ORGANISME DIPLOIDE, IL Y A *N* CHROMOSOMES D'ORIGINE PATERNELLE ET *N* D'ORIGINE MATERNELLE.
LES *N* CHROMOSOMES D'UNE MEME ORIGINE MONTENT-ILS TOUS, A L'ANAPHASE I, VERS LE MEME POLE.

LA PROBABILITE EN EST PLUTOT FAIBLE

EN EFFET.

****

Fig. 6. — DIALOGUE EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE *K 19* (questions *10* à *12*).

- Dans toute la mesure du possible, la présentation de la réponse est laissée au libre choix de l'étudiant, à qui n'est imposée aucune formule rigide. L'exactitude de la réponse est, en principe, seule prise en considération.

Quelques *contraintes* limitent cependant cette liberté :

— toutes les lettres doivent être frappées en *majuscules* ;

— chaque « mot-clé » peut être précédé et suivi d'autres mots, une phrase complète peut même être construite, mais l'ensemble de la réponse de l'étudiant ne peut dépasser *une cinquantaine de caractères* ;

— les fautes d'orthographe non prévues, les « fautes de frappe », fausses manœuvres, etc., ne peuvent actuellement être détectées, et entraînent parfois le rejet de réponses en principe correctes.

- Dans ces limites toutefois, l'utilisation des diverses possibilités du « LANGAGE AUTEUR » : mots-clés, fonctions « *OU* » et « *ET* », réponses « ordonnées » ou « désordonnées » (*CJO* et *CFO*, *CJD* et *CFD* : cf *fig. 5* et *fig.* 7), etc., permet l'analyse de réponses relativement élaborées et variées (ex. : *Q 12*).

Pour la question 12, l'étudiant aurait pu écrire simplement : *non*, ou : *ils se répartissent au hasard*, ou diverses autres réponses équivalentes.

```
          K19  QUESTION 10

          LES 46 CHROMOSOMES DE L'ESPECE HUMAINE COMPRENNENT 44 AUTOSOMES (22 PAIRES) ET 2 HETEROCHROMOSOMES
    OU CHROMOSOMES SEXUELS.
    LA FORMULE CHROMOSOMIQUE GENERALE D'UNE CELLULE DIPLOIDE EST 2N = 2A + 2 HETEROCHROMOSOMES.
          LES DEUX HETEROCHROMOSOMES DE LA FEMME SONT X ET X, ET LA FORMULE EST DONC 2N = 2×22 + XX.
    DANS LE CAS DE L'HOMME, LES HETEROCHROMOSOMES ETANT X ET Y, LA FORMULE S'ECRIT 2N=2×22 + XY.
          DES LORS, QUELLES SONT LES FORMULES CHROMOSOMIQUES DES SPERMATOZOIDES HUMAINS.

            R10J+

                        *******

          K19  REPONSE 10

1         LES FORMULES SONT 22+X ET 22+Y.

CJD       OUI.
Q11

*****

2         22+X//22X//22A+X//N=22+X//N=22X//N=22A+X          22+Y//22Y//22A+Y//Y//+Y//N=22+Y//N=22Y//N=22A+Y

CJD       BIEN.
Q11

*****

3         22//22A//22+//22A+//N=22//N=22A//N=22+//N=22A+     X//+X     Y//+Y//22+Y//22Y//22A+Y//N=22+Y//N=22Y//N=22A+Y

CJD       BIEN.
Q11

*****

4
ARF+      RELISEZ BIEN LA QUESTION, ET DONNEZ LES DEUX FORMULES EXACTES ET COMPLETES.
Q10

                        *******
```

Fig. 7. — EXTRAIT DE « *LISTING* » DU QUESTIONNAIRE *K 19* (« bloc-question » et « bloc-réponse » *10*).

- L'emploi des fonctions « *OU* » et « *ET* » permet de prévoir diverses présentations d'une même réponse (cf *fig. 6*).

Tout *groupe de caractères*, non séparés entre eux par des espaces, est traité par la machine globalement comme un seul « *mot* » (les caractères dits « séparateurs » : *virgule*, *point* et *apostrophe*, font exception). Il est donc nécessaire de prévoir séparément des réponses telles que : *N = 22 + X*, ou *N=22+X*, ou *22A et X*, ou *22+X*, etc.

En nº *3* figurent deux « *tabulations* » (fonction « *ET* ») ; l'une est *l'espace* compris entre *...//N=22A+* et *X//+X*, l'autre entre ce dernier groupe et *Y//+Y//22+Y//*... La réponse de l'étudiant doit comprendre en ce cas l'un des termes *22*, ou *22A*, ou *22+*, ... ET *X* ou *+X*, ET *Y* ou *+Y*, ou *22+Y*, etc.

- Le code *CJD* (*D*= désordre) permet ici d'accepter ces termes *quel que soit l'ordre* dans lequel ils figurent dans la réponse de l'étudiant.

- Pour les autres codes du « LANGAGE AUTEUR », cf *fig. 5*.

Pedagogy and Programming : An experiment in biology teaching with the aid of a computer at the University of Paris (first years of medical studies)

B. Andrieux, D. Anxolabéhère, N. Daugeras,
J. Fiszer, M. Lauthier and G. Périquet

(Summary)

Two lists of questions designed to check students' knowledge with the aid of an IBM 360/30 computer have been worked out concerning miosis in the animal kingdom.

The difficulty of working out such sets of questions lies mostly in the variability of the biological language (concepts may have several designations and definitions vary according to the authors) and in the necessity of giving long descriptions (as there is no illustration).

The first list includes 12 questions of normal sequence and aims at bringing out generalities. The second includes 31 questions, 4 of them being in derivation.

The principle of questions with a choice between several given answers has been rejected, so that the students have to write their own answers. Precision and accuracy are demanded, which does not exclude possible variations in the answers. Each period lasts between 30 and 50 minutes. Questions at the end of the exercises help to bring out improvements to be effected in the lists of questions.

This method, useful only to students already possessing some notions of the themes which are studied, helps them to check their knowledge, gives them a sense of accuracy, readiness of expression and compels them to think. However, it does not serve as a substitute for lessons and practical exercises.

Technical studies are now in progress to further develop the derivations and ramifications and to permit the direct intervention of students in the lists of questions during the tests, as well as the simultaneous use of automatic slide carriers. Unfortunately, such processes require large capital investments.

The appendix gives extracts of listings and dialogues between the students and the machine.

Pedagogía y Programación : Un experimento de enseñanza de biología asistido de un calculador electrónico en la Facultad de Ciencias de París (Primer Ciclo de Estudios de Medicina)

B. Andrieux, D. Anxolabéhère, N. Daureras,
J. Fiszer, M. Lauthier, G. Périquet

(Resumen)

Dos cuestionarios destinados al autocontrol de los estudiantes con ayuda de un ordenador IBM 360/30 han sido establecidos con referencia a la miosis en el reino animal.

La dificultad de elaboración de dichos cuestionarios radica sobre todo en la variabilidad del estilo en biología (los conceptos pueden tener varias designaciones y las deficiones varían con los autores) y en que son necesarias las descripciones largas (para remediar la falta de ilustraciones).

El primer cuestionario consta de 12 preguntas en secuencia normal y tiende a destacar las generalidades.

El segundo consta de 31 preguntas de las cuales 4 en derivación.

La fórmula "preguntas a opciones múltiples" ha sido descartada y el estudiante tiene que contestar él mismo. Son necesarias concisión y exactitud sin excluir cierta diversificación posible en las contestaciones. La sesión dura de 30 a 50 minutos. Con preguntas se destacarán las mejoras posibles que introducir en el cuestionario.

El método sólo interesa a los estudiantes que ya tienen algunas nociones de los temas estudiados, y les da el sentido del rigor, les permite expresarse con soltura y los induce a reflexionar. Sin embargo no reemplaza ni las clases ni las prácticas.

Estudios técnicos en curso permitirán multiplicar las derivaciones y ramificaciones, hacer que el estudiante intervenga directamente sobre los cuestionarios durante la interrogación y que se emplee simultáneamente pasavistas de mando automático. Dichos procedimientos requieren desgraciamente inversiones importantes.

El documento adjunto reproducido en este libro proporciona trozos de "listings" y de diálogos estudiante-máquina.

INTERDISCIPLINARY SCIENCE TEACHING

I. Malek

Czechoslovak Academy of Sciences
Prague

When I was invited to take part in the discussions on interdisciplinary science teaching organized by UNESCO in November 1968, my first thoughts turned to the relative urgency and importance of this question in the development of science and its teaching. After thorough consideration, analysis and discussions with other scientists both from my own field of interest (biology) and also from physics, chemistry, etc., I came to the conclusion that this problem is now so important as to require discussion by a highly competent group, because the results of such deliberations could play an important role in the overall efforts to improve science teaching at all levels of education.

1°) I give the following main reasons for this importance:

a) the rapid development of science, bearing in mind that the history of science teaches us that its most vigorous development is realized along the borders of already established branches of science, where there is active contact and communication with other branches ;

b) the fact that the results of science break through with growing impetus to every facet of life, and these results are very rarely implemented in "one-dimension" only, since they are usually based on complex interrelations of the many results gained in different branches of science;

c) all over the world, the need is felt and steps are being taken, to improve systems of education.

2°) As regards the term "interdisciplinarity" :

a) it is necessary to distinguish between "interdisciplinarity" and "polydisciplinarity". Examples : Medicine and Agriculture (and probably other fields of application of science also) are polydisciplinary per se, and their teaching must respect this character. But because of this polydisciplinarity their curricula must be based on interdisciplinary teaching to a much greater extent than is usually the case with the curricula in medical and agricultural schools today.

b) interdisciplinarity is reflected in the present trend of development of science, which pays much more attention to the relations of individual facts and their structuralisation than to their mere existence ;

c) in the development of science, the frontiers of the various disciplines are in constant and continuous movement and development ; new boundary-disciplines arise , which at the time of their emergence are interdisciplinary, but which are gradually established as new disciplines (e.g. biochemistry, biophysics, physical chemistry, molecular biology, bionics, bioengineering). Even when they are fully established as individual disciplines, their teaching needs to be very much of an interdisciplinary nature to enable the new discipline to develop further. Especially those who are preparing themselves for scientific careers need this interdisciplinarity in order to be able to follow the development of science and to participate creatively in its progress.

d) more and more problems must be studied by polydisciplinary teams ; in order to take an active and efficient part in the work of such teams, scientists must be properly prepared in the respective interdisciplinary fields.

e) in most cases these polydisciplinary teams cannot be limited to the different science and technology specialists, but need more and more specialists in different fields of social sciences also (sociology, economy, political science, but also philosophy, etc.). This brings quite new facets to the university education of science and technology specialists. For example : one of the most important problems of today and the future, the study of the human environment, needs not only specialists from different branches of biological, physical, technical sciences, but also sociologists, etc. For all this, specialists must gain an appropriate amount of interdisciplinarism either in their university education or in their post-graduate studies.

f) but there exist also "gnoseological" reasons for some amount of interdisciplinarity in the education and outlook of university-trained people, and scientists in the first place :

To overcome the danger of particularism and the disintegration of science owing to excessive specialization, it is necessary to search and strive for a new synthesis.

Interdisciplinarity helps to create bonds between the specialized branches and hence helps to promote the new, higher level of synthesis.

Disciplinary teaching without the necessary interdisciplinarity can be compared to individual layers without the necessary vertical connections. Thus, interdisciplinarity broadens and deepens the students' horizons.

3°) Pedagogical problems :

I shall limit my discussion to secondary (high-school) science teaching.

Even the sometimes excellent new curricula are strictly disciplinary ; they very rarely give a global, synthetic view.

A greater amount of interdisciplinarity in secondary science teaching is important :

a) it offers a much wider scope for the development of individual abilities ;

b) it corresponds to the necessity of present (and, still more, future) society to educate harmonically well balanced human beings : each of the disciplines (in its connection with others) contributes to this harmony, not only by the content of its specific knowledge, but especially by its specific methodology and different methodical approaches.

That is why it is better (even if more difficult) to arrange the individual disciplines in the classes not in year-blocks, but in mutual relations and connections, organized from the point of view of this interdisciplinarity.

c) how can we achieve interdisciplinarity in science teaching ? There are two possibilities :

aa) to arrange curricula in such a way that the basic elements would not be individual disciplines, but problems, themes or methodogical approaches; the individual disciplines could serve then as a source of examples.

bb) to operate as much as possible with flexible curricula, with a wide range of eligible subjects.

The second course is not only much more difficult, but also more expensive ; but from the point of view of further development, both of science and of individual personalities, it is preferable.

L'enseignement scientifique interdisciplinaire

I. Malek
(Résumé)

L'auteur estime que les relations interdisciplinaires dans l'enseignement scientifique, revêtent une grande importance qui découle du rôle grandissant des relations interdisciplinaires dans la science elle-même. Puis il étudie l'esprit et les bases des relations interdisciplinaires. L'abord polydisciplinaire des problèmes, seul capable de résoudre des questions importantes, est un des traits caractéristiques de la science contemporaine. Il nécessite de nouveaux schémas d'organisation des instituts et du travail scientifique et il réclame de nouveaux modèles d'éducation scientifique qui apporteraient plus de soins aux relations entre les disciplines. L'auteur analyse les exigences nouvelles qu'impose l'évolution de la science à l'enseignement des matières scientifiques dans les écoles secondaires. Il insiste sur le fait que c'est à ce niveau-là qu'on doit prêter le plus d'attention aux relations interdisciplinaires et à leur intégration mutuelle.

La enseñanza científica interdisciplinaria

I. Malek
(Resumen)

Para el autor tienen gran importancia las relaciones interdisciplinarias en la enseñanza científica, la cual va reflejando el papel cada vez mayor de las relaciones interdisciplinarias en la ciencia misma. Luego el autor examina el espíritu y las bases de las relaciones interdisciplinarias. El aspecto pluridisciplinario de los problemas, el único que puede resolver cuestiones importantes, es uno de los aspectos característicos de la ciencia contemporánea. Necesita nuevos planes de organización de los institutos y del trabajo científico y requiere nuevos modelos de educación científica que harían más caso a las relaciones entre las disciplinas. El autor analiza las nuevas exigencias que impose la evolución de la ciencia en la enseñanza. Va insistiendo en que, a este nivel, hay que prestar más atención a las relaciones interdisciplinarias y a su mutua integración.

SOME REMARKS ON
INTERDISCIPLINARY SCIENCE TEACHING IN BIOLOGY

Professeur F. Sladeček
Faculty of Science
Charles University, Prague

There exist at present some "large", "classical" interdisciplinary sciences, which connect biology and other sciences : biochemistry, biophysics, and possibly biomathematics, bioengineering. But also inside biology individual branches, in spite of their progressive specialization, become more and more interconnected, and new branches of biology are emerging on the borderlines of the older ones. For example, research and also teaching of embryology today should be done in close connection with new development not only of biochemistry, but also of cell biology, genetics, immunology. A new interdisciplinary science of "lower order" appears : developmental biology. It is not a polydisciplinary science, but a really new interdisciplinary science. From this point of view the interdisciplinary sciences have a relative, changing, dynamic meaning.

In the universities we distinguish usually the undergraduate and graduate level of teaching and this distinction seems to be important also with respect to interdisciplinary science teaching. On the undergraduate level the necessity of a deep revision of teaching programs becomes evident quite generally. Instead of the courses in more or less classical, separate biological disciplines, such as anatomy, cytology, morphology, physiology, zoology, botanics, microbiology, genetics, etc., an integrated course of biology is introduced in many universities. Such a course of integrated biology should be divided according to processes and relations in living phenomena and not according to the subjects themselves. As a possible example of such a new course a suggestion made some years ago by Californian universities could be considered. In this proposal the course is divided into molecular and cellular biology, regulatory biology, developmental biology, systematic and evolutionary biology, and group and environmental biology. It is planned for all three years of studies at undergraduate level. In all parts of such a course the interrelations of biological phenomena become evident and the same is true for chemistry, physics, and mathematics, that is for their role in the study of living things. In such a way the student becomes much more interested in the use and persuaded of the significance of these nonbiological sciences for biology than by the oldfashioned type of teaching of separate disciplines. Naturally, a good knowledge in general, organic, analytical, and possibly physical chemistry and biochemistry, in physics (atomistics, optics), in mathematics (analysis, statistics) is necessary for the students, and the course in integrated biology should be parallelled by the courses in these disciplines. Thus, the integrated course in biology should demonstrate to the students not only the connections of biology with chemistry, physics, mathematics, but also the interrelations of different branches of biology.

Only in the graduate teaching of biology in universities do special courses in some interdisciplinary sciences seem appropriate. Such courses should be given in biophysics, biomathematics, and perhaps in bioengineering and in molecular biology. The approach of the students to these disciplines would be already sufficiently strengthened by the integrated biology course at the undergraduate level. The unifying concepts would be now quite evident to them. A question avises regarding the teaching of molecular biology as a special subject. It seems that molecular biology should be rather included as a very important approach to the analysis of different phenomena of life, dealing not only with genetic information and its transmission and realization but also e.g. with muscular contraction, with the transmission of nervous impulses, with membrane transport etc., than to be taught as a relatively independent special science. The situation seems to be similar to that which formerly pertained to the teaching of evolution. Evolutionary aspects and approaches remain extremely important in all biological sciences, but the teaching of evolutionism as a special biological discipline does not seem to be substantiated nowadays.

Quelques remarques sur l'enseignement des sciences interdisciplinaires en biologie

F. Sladeček

(Résumé)

Il est des sciences interdisciplinaires qu'on peut qualifier de "grandes", de "classiques" - comme la biochimie, la biophysique, la biomathématique -, mais il y a aussi parmi les sciences proprement biologiques de nouvelles branches aux frontières des branches classiques qui ont le caractère inter-disciplinaire, par ex. la biologie du développement. Pour l'enseignement dans les premières années de l'Université, le cours de Biologie intégré semble être le plus utile pour montrer aux étudiants les liaisons étroites des différentes branches de la biologie entre elles et avec la chimie, la physique et les mathématiques. L'enseignement des sciences interdisciplinaires spécialisées (biophysique, biomathématique, biotechnique, etc.) semble n'être approprié que dans les années plus avancées. La biologie moléculaire doit participer nécessairement à l'explication des différents phénomènes de la vie et ne doit pas être présentée comme une discipline spéciale et autonome.

Algunas observacionés en cuanto a la enseñanza de las ciencias interdisciplinarias en Biologiá

F. Sladeček

(Resumen)

Hay ciencias interdisciplinarias a las que se puede calificar de "grandes", "clásicas" - tales como la bioquimica, la biofísica y biomatemática - pero existen tambien entre las ciencias propiamente biologicas nuevos ramos a las fronteras de los ramos clásicos, y tienen el caracter interdisciplinario, por ejemplo, la biologiá del desarrollo.

Para la enseñanza en los primeros años de la Universidad, la clase de Biología integrada parece ser la más util para enseñar a los estudiantes las estrechas relaciones de los diversos ramos de la biología entre ellos mismos y con la química, la física y las matemáticas. La enseñanza de las ciencias interdisciplinarias especializadas (biofísica, biomatemática, biotécnica, etc.) sólo parecen apropiadas en los años más avanzados. Es preciso que la biología molecular participe a la explicación de los diferentes fenómenos de la vida y no hay que presentarla come una asignatura especial y autónoma.

Extracts from *Congress on the Integration of Science Teaching, Droujba (Bulgaria), 11-19 september 1968.*

GENERAL REPORT *

R. J. Heller and D. G. Chisman

INTRODUCTION

The aims of the Congress were to study the possible development of courses in integrated science and to discuss the best way of organising the teaching of the subject as a coherent whole, particularly at the secondary level. Since the subject is so large, the problem of integration of science with social sciences, psychology and economics has been omitted.

It is obviously necessary, in order to avoid ambiguity, to distinguish clearly between :

a) *Complete integration*, which consists of joining several subjects into a single course in which the concepts of science are presented through a unified approach;

b) *Coordination,* which entails a carefully planned collaboration between the various disciplines and in the training of teachers for such an approach.

(*) The two versions have been prepared by the rapporteurs and do not represent necessarily a literal translation. The authors have tried in each section to present the views expressed by the participants in the best way in the respective languages.

Extrait de *Congrès sur l'intégration des enseignements scientifiques, Droujba (Bulgarie), 11-19 septembre 1968*

RAPPORT DE SYNTHÈSE *

R. J. Heller et D. G. Chisman

INTRODUCTION

L'objet de ce Congrès était d'étudier les possibilités d'intégration des enseignement scientifiques et de discuter des meilleurs moyens d'organiser l'enseignement, principalement au niveau secondaire, en un tout cohérent malgré la diversité des matières enseignées. Vu l'ampleur du sujet, l'intégration avec les sciences humaines, économiques et techniques a dû être laissée de côté, malgré l'intérêt de ces problèmes.

Il a paru nécessaire, pour éviter toute ambiguïté, de distinguer nettement :

1) l'*intégration* proprement dite, qui consiste en la réunion de plusieurs matières en un seul cours où les concepts de la science sont abordés dans un esprit et par des méthodes unitaires ;
2) la *coordination,* qui consiste en une coopération soigneusement planifiée entre plusieurs disciplines.

(*) Les deux versions ont été établies par les rapporteurs et ne constituent pas nécessairement des traductions littérales. Les auteurs se sont efforcés d'exprimer au mieux dans l'esprit de chacune des langues la pensée des participants.

III. *GENERAL REPORT*

1. COMPLETE INTEGRATION

1. 1. *Contribution of integration to the teaching of science.*

The following considerations may justify the attempt to introduce integrated science courses :

a) Science teaching should contribute towards cultural and general education, bringing to all pupils a suitable basis for citizenship and, where necessary, a preparation for university studies. Science education should be *directed firstly towards scientific literacy and an understanding of scientific progress.*

b) Programmes now in use in different countries present an impressive survey of all that could be taught, but a difficult *choice of material has to be made.*

c) From a variety of phenomena, *fundamental principles* of science can be derived (e.g. order-disorder, conservation of energy, etc.) which find their application in diverse fields.

d) Emphasis is placed on the *fundamental unity of science.*

1. 2. *Contribution of integration to pupils' activities.*

Integrated science provides the opportunity of introducing a pupil to solving-problem situations. This develops his activity, his creativity, his independence; it is in this way that he acquires the right approach to *methods of working.*

It also provides the opportunity of illustrating the essential *historical development* of the main scientific theories.

From the educational point of view, integration avoids unnecessary *repetitions,* thus saving an appreciable amount of time, emphasises analogies and gives importance to fundamental principles and methods.

1. 3. *Content of an integrated course.*

The course should emphasise to pupils the importance of observation for increased understanding of the world about them; it should help them to appreciate the modes of thought and the ways of working characteristic of science; it should develop their *interest* in science and its applications, and should bring to their attention some of the

III. RAPPORT DE SYNTHÈSE

1. L'INTÉGRATION PROPREMENT DITE

1. 1. *Apport de l'intégration à l'enseignement des sciences.*

Quatre considérations justifient les essais d'introduction de l'intégration dans l'enseignement des sciences :

a) L'enseignement doit garder un caractère de culture et de formation générales, apportant à un très large éventail de la population scolaire les bases qui lui permettront d'affronter les difficultés de la vie courante, quel que soit le métier choisi, ou d'aborder valablement des études universitaires. L'enseignement des sciences est avant tout une *ouverture vers l'humanisme scientifique et vers le progrès.*

b) Les programmes en vigueur dans les différents pays fournissent un inventaire impressionnant de tout ce qu'il serait bon d'enseigner. Un choix sévère s'impose et c'est déjà un avantage de l'enseignement intégré que de faciliter les *allègements indispensables.*

c) De la diversité des phénomènes doivent être dégagés les *principes fondamentaux* (par exemple ordre-désordre, conservation de l'énergie), qui trouvent leur application dans les champs les plus variés.

d) L'intégration met l'accent sur l'*unité fondamentale de la science.*

1. 2. *Apport de l'intégration à l'activité de l'élève.*

L'intégration fournit des occasions de placer l'élève dans des situations où il a à résoudre des problèmes : ce qui développe son activité, sa créativité, son indépendance : et c'est ainsi qu'il aquiert de vraies *méthodes de travail.*

Il convient également d'utiliser l'intégration pour montrer aux élèves l'essentiel du *développement historique* des principales théories scientifiques.

Enfin sur le plan pédagogique, l'intégration, qui évite les *répétitions* inutiles, met en relief les analogies, fait une part essentielle aux principes fondamentaux et aux méthodes, facilite par ailleurs les transferts et fait bénéficier d'un gain de temps appréciable dans l'acquisition des connaissances.

1. 3. *Contenu d'un cours intégré.*

Le cours doit montrer clairement aux élèves l'importance de l'observation pour mieux comprendre le monde qui nous entoure : il doit les familiariser avec la manière de penser et la méthode de travail, caractéristiques de la science : il doit développer leur *intérêt* pour la science et ses applications et porter leur attention sur quelques-uns

major problems facing mankind; it should also help them to recognise whether they have a particular aptitude for scientific work.

There are many ways in which these aims might be achieved, and many different courses should be designed and tested.

The following examples may give some idea of topics that could provide the beginnings of an integrated course : air, water, the earth, forests, domestic animals, farms, hygiene, food, time, movement, measurement, light, weather, energy, etc.

1. 4. *Teaching methods.*

Integrated science has as its essential aim the teaching of pupils to reason precisely and to react appropriately to given situations. Thus *heuristic methods* and other investigatory methods in which pupils participate personally as the course develops should be widely used.

In order to bring out the fundamental principles, the *maturity* of the pupils should be taken into account. Although the child is much more able to understand abstractions than is generally realised it is always necessary to begin with specific examples and only to introduce generalisations that correspond with the degree of comprehension of the pupils.

Brief references to philosophy and history of science can be helpful on condition that they are not abused and are utilised only when the pupils have adequate knowledge and understanding of the subject matter.

1. 5. *Implementation of integration at the first stage of secondary education.*

Whatever the interest in integration it must be implemented cautiously for there is always the risk of ending up with an approach that is disordered and superficial.

The extent of integration and the balance between complete integration and coordination will depend on the age of the pupils (complete integration being easier with the junior classes), the type of educational establishment (ordinary school, technical school, etc.) and local conditions (administrative structure and local traditions).

At the earlier stages of secondary education emphasis must be placed on experimental aspects of science and a totally integrated course in natural science (physics, chemistry, biology, earth sciences astronomy, etc.) appears generally desirable. But it is useless for educationists to write quickly a syllabus for a course and then to expect it to be taught successfully. A *great deal* more is required in the way of planning, testing and implementation — all rather lengthy and costly processes.

des grands problèmes avec lesquels l'humanité est confrontée : il doit les aider à découvrir s'ils ont une aptitude spéciale pour le travail scientifique.

Ce but peut être atteint de bien des manières et plusieurs solutions devraient être expérimentées.

A titre d'exemples, on peut citer les thèmes suivants qui peuvent faire l'objet de points de départ pour un cours intégré : l'air, l'eau, la terre, le relief, la forêt, les animaux domestiques, la ferme, l'hygiène, l'alimentation, les saisons, le temps, le mouvement, les mesures, la lumière, l'énergie, etc.

1. 4. *Les méthodes d'enseignement.*

L'enseignement intégré ayant pur objet essentiel d'apprendre aux élèves à raisonner juste et à réagir convenablement devant une situation donnée, la *méthode heuristique* et les autres méthodes actives, où l'élève participe personnellement au déroulement de l'enseignement, devront être largement utilisées.

Pour dégager les principes fondamentaux, on tiendra compte de la *maturité* des élèves : bien que l'enfant soit beaucoup plus apte à l'abstraction qu'on ne le croit généralement, on veillera toujours à partir du concret et à n'introduire que les généralisations appropriées à son degré de compréhension.

Un appel à la philosophie et à l'histoire des sciences peut être précieux à condition qu'on n'en abuse pas et qu'on les utilise seulement quand les enfants ont une connaissance et une compréhension suffisante du sujet.

1. 5. *Mise en place de l'intégration dans le 1^er^ cycle secondaire.*

Quel que puisse être l'intérêt de l'intégration on doit être très prudent dans sa mise en place, sous peine d'aboutir à un enseignement désordonné et superficiel.

Le choix de l'équilibre retenu entre l'intégration et la coordination et la délimitation du secteur intégré dépend de l'âge des élèves (l'intégration est plus aisée dans les petites classes), du type d'établissement scolaire (d'enseignement général, technique, etc.), des conditions locales (structures administratives, traditions).

Au premier cycle de l'enseignement secondaire, où l'accent est mis sur les aspects phénoménologiques et l'éducation générale, un cours totalement intégré des sciences de la nature (physique, chimie, biologie, sciences de la terre, astronomie) apparaît en général désirable. Mais c'est en vain que les pédagogues écriraient à la hâte un programme des cours et s'attendraient alors au plein succès d'un tel enseignement. Il faut *beaucoup d'efforts* pour planifier, expérimenter et améliorer, ce qui demande du temps et de l'argent.

Implementation of educational reform leading to integrated science courses may include :

a) formation of working groups ;
b) definition of rationale, parameters, content and pedagogic style ;
c) study of relevant curriculum projects ;
d) seeking advice from experts in related fields ;
e) development and testing of learning materials ;
f) inauguration of teacher training programmes ;
g) dissemination of project information.

1. 6. *Integration of science at the second stage of secondary education.*

Pupils who are not committed to the study of any particular subject when they enter a university, and those pupils who (at the age of sixteen or earlier) have decided not to specialise in science, should continue with science until they leave school. This further study of science should continue to be basically an integrated one. However, some schools (depending on national circumstances), may find it wise also to include deeper treatments of particular branches of science.

For those pupils who at the end of stage I decide to enter a science-based faculty in a university, or to follow some other science-based course of study or occupation, a number of patterns of science courses are possible. These range from the system where individual sciences are taught quite separately, through a system where they are closely coordinated, to a fully integrated science course. Some experiments are already in progress, and it is to be hoped that many others will be carried out in the future (see *appendix 5)*.

1. 7. *Science in primary schools.*

Science is an important element of primary education for the following reasons :

a) It can open the child's eyes to his environment and develop natural interest and curiosity in the world around him.

b) It can develop scientific attitudes, skills and habits of thought and simple basic scientific concepts.

c) It can provide in a fairly free and unstructured way experiences which form the basis of later scientific activities.

In the developing countries, where many children never get beyond primary school, scientific literacy must be established at this level if it is to be established at all.

III. SYNTHÈSE (1. INTÉGRATION PROPREMENT DITE)

La *mise en place d'une réforme* de l'enseignement conduisant à un cours de science intégré devrait comprendre :

a) la formation de groupes de travail ;

b) la définition de l'esprit, des limites, du contenu et du style pédagogique du cours ;

c) l'étude des réalisations déjà existantes ;

d) l'avis des experts dans les domaines concernés ;

e) la préparation et l'essai du matériel d'enseignement ;

f) la préparation d'un programme pour la formation des maîtres ;

g) la diffusion du projet.

1. 6. *Intégration au deuxième cycle de l'enseignement secondaire.*

Les élèves qui n'ont pas arrêté leur choix sur une discipline particulière pour leurs futures études universitaires et ceux qui, à 16 ans (ou avant), ont décidé de ne pas se spécialiser dans les sciences, devraient continuer à suivre un enseignement scientifique jusqu'à ce qu'ils quittent le niveau secondaire. Cet enseignement devrait continuer à reposer fondamentalement sur l'intégration. Cependant, quelques établissements (par suite des circonstances locales) peuvent juger préférable de donner des enseignements plus approfondis de certaines disciplines.

Pour les élèves qui, à la fin du premier cycle, ont décidé d'opter pour des études scientifiques à l'Université ou ailleurs, ou d'exercer des activités à bases scientifiques, de nombreux schémas sont possibles. Ils vont du système où les sciences individuelles sont enseignées tout à fait séparément au cours complètement intégré, en passant par des enseignements étroitement coordonnés. Quelques expériences sont déjà en cours et il est souhaitable que beaucoup d'autres soient entreprises dans le futur (voir *Annexe 5).*

1. 7. *Les Sciences dans les Ecoles primaires.*

Les Sciences sont un élément important de l'éducation primaire pour les raisons suivantes :

a) Elles peuvent ouvrir les yeux de l'enfant sur son environnement et développer son intérêt naturel et sa curiosité pour ce qui l'entoure.

b) Elles peuvent développer les attitudes scientifiques, l'habileté et les habitudes du raisonnement et donner les premières notions scientifiques simples.

c) Elles peuvent ouvrir, dans une agréable liberté et sans un ordre rigoureux, la voie à des expériences qui formeront plus tard les bases des activités scientifiques.

Dans les pays en voie de développement, où beaucoup d'enfants n'iront jamais au-delà de l'école primaire, une certaine instruction scientifique doit être établie à ce niveau, si on veut qu'elle soit assurée à tous.

Science as such (i.e. elements of physical and biological science and earth and space science) should be *integrated*. In this integration, emphasis should be placed on scientific attitudes and skills and on fundamental scientific concepts introduced as appropriate to the level of the child's thought and ability. Further, integration of mathematics and science at primary school is desirable. By means of suitable projects, close links between science and other aspects of the primary school curriculum can be achieved (social studies, development of language, etc.). Imagination and enthusiasm on the part of the teacher is essential if this approach is to be successful.

As in most countries one teacher teaches all the subjects to a particular class, considerable integration of the whole primary school curriculum is considered desirable and possible at the discretion of the teacher, though this has not yet been achieved by many schools in many countries. A close link between school and home education is also important.

Science should be approached through concrete experiences of the child's environment, progressively structured as the child increases in age. As the aim is concerned primarily with the development of skills and attitudes, a wide range of subject matter can provide resources for the teacher who can select from it what is appropriate to his own pupils' needs and interests. Development and re-inforcement of simple scientific concepts through appropriate experiences is essential. Apparatus should be simple and robust so that it can easily be handled and manipulated by the pupils. Many activities will require only familiar everyday articles.

The *training of the teacher* is the key to science teaching in the primary school. In the development of new curricula and teaching materials to accompany them, practising teachers and students and staff of training colleges, should be deeply involved. Many teachers are lacking in scientific background and lack confidence to teach science, and special assistance should be provided for them.

It is essential that science courses be conducted in all primary teacher training colleges so that the teachers in training have a good understanding of science. The pedagogical training should be closely related to the subject matter content of the science courses. Integrated science courses are desirable in training colleges, as they promote the outlook which the teacher in training will subsequently be required to convey to his pupils.

Recommendations.

I. — Special studies are needed of the following :

a. Studies of concept formation (replication of Piaget's experiments and related ones) in many countries, and experiments on how scientific concept formation can be speeded up by suitable activities.

Les sciences proprement dites (c'est-à-dire les sciences physiques et biologiques, les sciences de l'espace et de la terre) devraient être *intégrées*. Dans cette intégration, l'accent serait mis sur les attitudes et l'habileté et sur les notions scientifiques fondamentales choisies et présentées en fonction du niveau de la pensée et des aptitudes des enfants. De plus l'intégration des mathématiques et des sciences est désirable à l'école primaire. Des programmes appropriés peuvent nouer des liens étroits entre les sciences et les autres aspects de l'enseignement primaire (études sociales, développement du langage, etc.). L'imagination et l'enthousiasme de la part des enseignants sont enssentiels pour que cette approche réussisse.

Comme, dans la plupart des pays, un seul maître enseigne toutes les matières à une classe donnée, une large intégration de tout le programme de l'école primaire est désirable et possible à la discrétion des enseignants, bien que ceci ne soit pas encore pleinement réalisé dans beaucoup d'écoles et beaucoup de pays. Les relations étroites entre l'école et l'éducation à la maison sont également importantes.

Les sciences seraient abordées à travers des expériences concrètes tirées de l'environnement des enfants, progressivement structurées au fur et à mesure que l'enfant grandit. Comme il s'agit essentiellement de développer l'habileté et des attitudes, une large gamme de sujets est à la disposition du maître, qui peut sélectionner ceux qui sont appropriés au but poursuivi et à l'intérêt de ses élèves. Le développement et le renforcement des notions scientifiques simples au travers d'expériences appropriées est l'essentiel. L'appareillage devrait être simple et robuste, pour être aisément manipulé par les élèves. Beaucoup d'activités requéreraient seulement les faits familiers quotidiens.

La formation des maîtres est la clé de l'enseignement des sciences dans l'école primaire. Pour le développement de nouveaux programmes et du matériel pédagogique correspondant, les enseignants en exercice, les étudiants et le personnel des écoles normales, seraient largement mis à contribution. Beaucoup d'enseignants manquent de bases scientifiques et manquent de confiance pour enseigner les sciences. Des institutions spéciales doivent être prévues à cet effet.

Il est essentiel que les cours de Science soient dispensés dans toutes les écoles normales de sorte que les maîtres en cours de formation aient une bonne connaissance des Sciences. L'enseignement pédagogique sera étroitement lié au contenu des matières des cours scientifiques. Les cours de sciences intégrées sont nécessaires dans les écoles normales, afin qu'ils favorisent les vues sur l'avenir dont l'élève-maître aura besoin par la suite devant ses élèves.

Recommandations.

I. — Des études spéciales sont nécessaires sur les sujets suivants :

a. Des études sur le développement des complexes (répétition de l'expérience de Piaget et analogues) dans beaucoup de pays et les expériences sur l'élaboration des concepts scientifiques peuvent être accélérées par des moyens appropriés.

b. Studies of the cultural background in developing countries and its influence on the learning of science, with regard to local beliefs and world view, and to attitudes such as authoritarianism. Such studies could also indicate how experiences and knowledge derived from the local culture could be used as a basis for science teaching.

c. Studies of language from the point of view of science teaching. In some developing countries, the vernacular does not contain scientific words, and new words have to be invented.

II. — Experiments in the development of new curricula and the production of teaching materials are needed, drawing on those resources which are already available and closely linked with educational studies and the training of teachers.

III. — A major strategy for improving science teaching in the primary schools is to improve the preparation of teachers in science education in the training colleges.

2. Co-ordination within and between disciplines

. . . .

2. 3. 2. Biology and other disciplines.

At the first stage, in which the main approach is an experimental one, it is most important that there should be an integrated teaching of biology and the other natural sciences (physics, chemistry, geology, geography).

At the second stage, the modern branches of biology (physiology, bio-chemistry, genetics, molecular biology) depend more and more upon the supporting sciences of mathematics, physics and chemistry. Biology provides a good field for the application of physical-chemical concepts (the laws of thermodynamics, chemical bonds, etc). It is at the root of certain philosophical theories which would benefit from being considered in conjunction with biology courses.

. . . .

4. — Special aspects of integration of science in the developing countries

4. 1. *Introduction.*

Integration applied to educational programmes often offers advantages for the more effective teaching of science and other subjects. The patterns that integration may take, however, are likely to be significantly different in going from one nation to another and from one culture to another. For this reason, the feasibility of any particular

b. Des études sur le fond culturel dans les pays en voie de développement et sur ses influences sur l'enseignement des sciences pourraient être poursuivies en songeant aux croyances locales et aux conceptions du monde, et à des attitudes telles que « l'autoritarisme ». De telles études pourraient aussi indiquer comment les expériences et le savoir dérivés d'une culture locale pourraient être employées comme une base pour l'enseignement des sciences.

c. Des études linguistiques sont à faire du point de vue de l'enseignement des sciences. Dans les pays en voie de développement, la langue du pays ne contient pas de mots scientifiques, et de nouveaux mots ont dû être inventés.

II. — Les expériences dans le développement de nouveaux programmes et la production de matériel d'enseignement sont nécessaires, en extrayant les moyens immédiatement utilisables et en les reliant intimement aux études pédagogiques et à la formation des maîtres.

III. — La grande stratégie pour l'amélioration de l'enseignement des sciences dans les écoles primaires est d'améliorer la formation des maîtres en matière scientifique dans les écoles normales.

2. Coordination dans et entre les disciplines

. . . .

2. 3. 2. Biologie et autres disciplines.

Dans le premier cycle où le point de vue phénoménologique l'emporte, l'intérêt est grand d'un enseignement intégré de la biologie avec les autres sciences de la nature (physique, chimie, géologie, géographie).

Dans le deuxième cycle, la biologie par ses branches modernes (physiologie, biochimie, génétique, biologie moléculaire) fait de plus en plus appel aux sciences supports : mathématiques, physique, chimie. Elle constitue un bon champ d'application des notions physico-chimiques (lois de la thermodynamique, liaisons et équilibres chimiques, etc.). Elle est à la base de théories philosophiques qui gagneraient à être exposées en liaison avec elle.

. . . .

4. — Aspects spéciaux de l'intégration des sciences dans les pays en voie de développement

4. 1. *Introduction.*

L'application de l'intégration aux programmes d'éducation offre souvent l'avantage d'un enseignement plus efficace des Sciences et des autres disciplines. Cependant, les formes d'intégration peuvent prendre un aspect essentiellement différent quand on passe d'une nation à une autre et d'une culture à une autre. Pour cette raison, la possibilité de

form of integration must be analyzed in terms of the economic and cultural framework of the country or region for which it is intended. Particularly in the less developed countries proper integration of educational programmes can play a major role in promoting effective utilisation of human and natural resources thereby assisting their economic and cultural development.

Educational integration can, for example, increase the opportunities of employment for school leavers. It can help them utilize new skills and introduce new activities to take better advantage of the nation's ressources and promote economic and cultural progress.

4. 2. *Advantages of integration to the developing countries.*

The developing countries present a unique opportunity to introduce modern teaching ideas because their educational patterns are not yet rigid. Experiments in integration may, therefore, prove to be easier to carry out in these countries, and the benefits to be gained may be proportionally greater there. Some of these benefits are listed below.

a) Integration of educational programmes permits, in general, more effective use of available teachers and teaching facilities than can be achieved without it. Against the persisting problems of the shortage of good teachers, for example, integration offers improved opportunities for making effective use of available teachers.

b) The greater interest and relevance of subject matter when presented in integrated courses can make it possible for the student to understand, learn and remember more readily.

c) A nation with limited manpower or natural resources must establish educational goals that are closely integrated with its economic and cultural capabilities and aims. When determining how many years of education are to be made compulsory for all children, for example, it is also necessary to determine how those who leave school after this period are to fit into the nation's economic life and assume their full measure of social responsibility. Integration of courses offers unusual advantages toward achieving aducational, economic and cultural goals.

d) Similar advantages are obtained for young people when goals of educational development are defined for other levels and the programmes of instruction are integrated toward achieving these goals. When a student leaves school at any stage beyond the lowest one required the result of integration can be to produce a minimum of loss of time and energy for the student and for the nation.

e) Many pupils in the developing countries leave school early. For them the only science they learn is that which they pick up in the primary grades. Their acquaintance with the spirit of enquiry and the applications of science must take place in this short interval and may possibly be enhanced by integrating the science courses.

chaque forme d'intégration doit être analysée en fonction du cadre économique et culturel du pays ou de la région auxquels elle est destinée. En particulier, dans les pays moins développés, une intégration convenable des programmes d'enseignement peut jouer un rôle majeur en faisant progresser l'utilisation effective des ressources humaines et naturelles et en aidant le développement économique et culturel.

L'intégration de l'enseignement peut, par exemple, augmenter les possibilités d'emploi des diplômés des écoles. Elle peut les aider dans l'utilisation de nouveaux moyens et l'introduction de nouvelles activités pour mettre mieux en valeur les ressources nationales et promouvoir le progrès économique et culturel.

4. 2. *Avantages de l'intégration dans les pays en voie de développement.*

Les pays en voie de développement offrent une occasion unique pour l'introduction des idées modernes de l'enseignement, car leurs formes d'éducation ne sont pas encore rigides. C'est pourquoi les expériences d'intégration peuvent se montrer plus facilement réalisables dans ces pays et les bénéfices peuvent y être proportionnellement plus élevés. Quelques-uns de ces bénéfices sont mentionnés ci-dessous :

a) L'intégration des programmes d'enseignement permet, en général, une utilisation des enseignants disponibles et des facilités d'enseignement avec plus d'efficacité. En face du problème persistant du manque d'enseignants qualifiés, par exemple, l'intégration offre de meilleurs moyens pour rendre efficaces les enseignants disponibles.

b) L'accroissement d'intérêt et d'extension des sujets présentés dans un cours intégré peuvent permettre à l'étudiant de comprendre, d'apprendre et de se souvenir plus efficacement.

c) Une nation où la main-d'œuvre et les ressources naturelles sont limitées doit adapter étroitement ses buts d'enseignement à ses capacités et ses aspirations économiques et culturelles. Quand on détermine le nombre des années scolaires obligatoires pour tous les enfants, par exemple, il est également nécessaire de déterminer comment ceux qui quittent l'école après cette période seront capables d'entrer dans la vie économique du pays et d'assurer pleinement leur responsabilité sociale.

Les cours intégrés offrent des avantages inhabituels pour atteindre des buts d'enseignement économiques et culturels.

d) Des avantages sont obtenus pour les jeunes lorsque les buts de l'éducation sont définis aux autres niveaux et que les programmes de l'instruction sont intégrés pour atteindre ces buts. Si un étudiant quitte l'école après avoir dépassé le niveau inférieur exigé, le résultat de l'intégration peut entraîner une perte minimale de temps et d'énergie pour l'étudiant et pour la nation.

e) Beaucoup d'élèves des pays en voie de développement quittent l'école tôt. Pour eux, toute la science apprise est celle qu'ils acquièrent au niveau primaire. Leur contact avec l'esprit de recherche et avec les applications de la science doit trouver place pendant cette brève période et peut être amélioré par l'intégration des cours de science.

4. 3. *Types of integrated courses needed in developing countries.*

a) An important objective of integration in science courses is to make the educational process more attractive and meaningful to the student so that he will be motivated to continue his education when the goals of each stage of education are geared to the needs of the local community and are clearly defined with respect to the nation's economy and cultural interests. Integrated courses are likely to develop strong motivation for seeking education to the highest level that is possible for each student.

b)Suggestion for the integration of science teaching at different levels.

At primary level, integrated science courses which will be linked with other aspects of the curriculum and with the pupils' home life, should encourage self reliance and positive attitude to the environment and the local community. As the application of science to local practices affecting health, diet and nutrition will depend on the teacher's own attitude and example, teacher training is of great importance. For those pupils who proceed to secondary school, the transition from primary to *secondary* is often difficult due to a major change in the style of the teaching and, in some countries, to language problems. An integrated approach, where all the science is taught by one teacher facilitates this transition.

In the *first stage* of secondary education courses should encourage pupils to be concerned about the community in which they live rather than preparing them for « white collar » jobs in the towns. The application of science to local life should be emphasised.

At *upper secondary level,* science courses for future science specialists should provide a balanced education, and not be a training in one or two science disciplines only. At this level, those who go on to careers which are not in the scientific fields (such as future politicians, administrators, etc.) need a basic scientific understanding on which future science policy decisions can be based. Experimentation in the design and application of courses of this type is desirable.

4. 4. *Undertaking curriculum development.*

a) It is increasingly acknowledged that curriculum development and reform must be a continuous process. Any nation or community that has interest in improving its educational capabilities does well to take advantage of the experience of other nations and the wealth of existing suitable and available information and resource materials. These include textbooks, teachers guides, audio visual materials, laboratory equipment and even curricular patterns, some of them already

4. 3. *Types de cours intégrés nécessaires dans les pays en voie de développement.*

a) Un objectif important de l'intégration des cours de science est de rendre le processus d'enseignement plus attirant et significatif pour l'étudiant, de façon à l'inciter à continuer son éducation, lorsque les buts de chacun des niveaux d'enseignement sont adaptés aux besoins de la communauté locale et sont clairement définis à l'égard des intérêts économiques et culturels de la nation. Les cours intégrés sont de nature à développer une forte motivation pour rechercher une éducation au niveau le plus élevé qui soit accessible à chaque étudiant.

b) Suggestions concernant l'intégration de l'enseignement scientifique aux différents niveaux.

Au niveau *primaire,* les cours de science intégrés qui dépendent des autres aspects du programme et de la vie de famille des élèves, doivent encourager leur confiance en eux-mêmes et leur attitude positive vis-à-vis de l'environnement et de la communauté locale. Comme l'application des sciences aux usages locaux, concernant l'hygiène et la nutrition, dépendra de l'attitude et de l'exemple du maître, la formation de celui-ci est d'une grande importance. Pour les élèves qui rentrent à l'école *secondaire,* la transition du primaire au secondaire est souvent difficile à cause d'un grand changement du style de l'enseignement, et, dans quelques pays, à cause des problèmes de langues. Une approche intégrée, où toutes les sciences sont enseignées par le même maître, facilite cette transition.

Au *premier cycle* de l'enseignement secondaire, les cours doivent encourager les élèves à s'intéresser à la communauté dans laquelle ils vivent, plutôt que les préparer aux postes de « cols blancs » dans une ville. L'application de la science à la vie locale doit être encouragée.

Au *niveau supérieur* de l'enseignement secondaire, les cours de science pour les futurs spécialistes en science doivent dispenser un enseignement équilibré, et ne pas être une formation dans une ou deux disciplines seulement. A ce niveau, ceux qui se dirigent vers une carrière non scientifique (comme les futurs politiciens, administrateurs, etc.) ont besoin d'une compréhension scientifique de base, sur laquelle on puisse établir les décisions futures de la politique scientifique. Une expérimentation sur la préparation et l'application des cours de ce type est désirable.

4. 4. *Préparation de curriculums.*

a) Il est de plus en plus reconnu que le développement des programmes et des réformes doit être un processus continu. Chaque nation ou communauté qui a intérêt à améliorer ses capacités d'enseignement doit tirer avantage des expériences d'autres nations et des ressources offertes pour les informations et les matériels de base adaptables et disponibles. Ceux-ci comprennent les manuels, les guides pour les maîtres, les appareils audio-visuels, les équipements de laboratoire et même

in integrated form. Consulting services and training and research participation opportunities are also available.

b) Successful development of an educational programme demands that innovations and changes be undertaken with full awareness of their implications for the nation's economic, social and cultural development. To that end it is necessary that the nation's leaders participate directly in the analysis of alternate courses of action and in the selection of the one best suited to their country.

It is especially important that this participation include the responsible government and educational administrative officers in order to accelerate progress by reducing to a minimum the obstructions that so often face innovations in educational development.

c) Curriculum reform must be carried out within the country itself by local people. Research, including identification of goals, experimentation leading to design of new courses and the development of the corresponding new learning materials must become the responsibility of scientists, educators, teachers and specialists within the country.

d) Before a nation can take full advantage of the information and help that are available to it from other regions it is usually necessary to initiate a programme of teacher exchange and teacher training in other lands. This can be highly beneficial provided care is taken to undertake training programmes that have relevance to the intended educational development. The relevance must take into account the limited opportunities that can be made available to the returning teachers. It is particularly useful to train local teachers for work in curriculum improvement through active participation in one or more of existing curriculum reform groups around the world because the long-range and continuous improvement must eventually be planned and executed by them.

e) For financial reasons cooperation of groups working on curriculum reform in neighbouring countries is highly recommended.

f) Visiting consultants and advisers are often necessary both to help with the study and planning of a programme of educational development and to help in its execution. It is exceedingly important, however, to make sure that the studies and execution are directed and guided from the earliest possible moment by those who are native to the region and deeply involved in its economic, educational and cultural life.

g) Assistance, advice and funding for projects in the developing countries are available from international agencies, bilateral programmes and private foundations. It is suggested that all assistance from outside sources be carefully integrated into a well planned national programme that has logical coherence from the point of view of economic and social development.

les programmes, quelques-uns déjà dans une forme intégrée. On peut également profiter des services de consultations et des occasions de participer à des mises au point et à des recherches.

b) Le développement réussi d'un programme d'enseignement demande que les innovations et les changements soient entrepris en pleine connaissance de leurs implications quant au développement économique, social et culturel de la nation. Pour cela, il est nécessaire que les dirigeants de l'Etat participent directement à l'analyse des divers cours existants et au choix de celui convenant le mieux dans leur pays.

Il est spécialement important que cette participation comprenne l'autorité responsable et les fonctionnaires de l'administration de l'Enseignement, afin d'accélérer le progrès en réduisant au minimum les obstacles qui s'opposent si souvent aux innovations dans le développement de l'enseignement.

c) La réforme du programme doit être mise au point dans le pays même, par des personnalités locales : les recherches, y compris la reconnaissance des objectifs, les expériences conduisant à organiser des cours nouveaux, et le développement de nouveaux matériaux d'enseignement correspondants, doivent être sous la responsabilité des scientifiques, éducateurs, maîtres et spécialistes du pays même.

d) Avant qu'une nation puisse tirer partie pleinement de l'information et de l'aide que les autres pays peuvent lui donner, il est habituellement nécessaire d'établir un programme d'échange et de formation des maîtres à l'étranger. Ceci peut être très bénéfique, pourvu que l'on prenne soin de mettre en œuvre des programmes de formation en rapport direct avec le développement envisagé de l'enseignement. Il faut prendre en considération les possibilités limitées offertes aux enseignants à leur retour. Il est particulièrement utile de préparer les enseignants locaux à la tâche de l'amélioration des programmes, par une participation active dans un ou plusieurs groupes s'occupant des réformes de programmes dans le monde, car une amélioration à longue échéance et continue pourra éventuellement être préparée et exécutée par eux.

e) Pour des raisons financières, la coopération des groupes travaillant sur les réformes de programmes dans des pays voisins est hautement recommandée.

f) Des consultants et conseillers en mission sont souvent nécessaires à la fois pour aider à l'étude et à la planification d'un programme du développement de l'enseignement, et pour aider à l'exécuter. Il est extrêmement important, cependant, de s'assurer que les études et l'exécution sont dirigées et guidées le plus tôt possible par des nationaux profondément liés à la vie économique, éducative et culturelle du pays.

g) De l'aide, des conseils et des crédits pour des projets dans les pays en voie de développement peuvent provenir d'agences internationales, de programmes bilatéraux et de fondations privées. Il est suggéré que toute aide de source extérieure soit soigneusement intégrée dans un programme national bien planifié, ayant une cohérence logique au point de vue du développement économique et social.

h) The implementation of educational reform leading to integrated science courses has been outlined in earlier sections of this report. The procedures suggested there are all applicable in the developing countries and their study is recommended.

h) La mise en œuvre des réformes de l'enseignement conduisant à des cours de science intégrés a été étudiée dans les sections précédentes du présent rapport. Les procédures suggérées sont toutes applicables dans les pays en voie de développement et leur étude est recommandée.

CONCLUSIONS

1. The *teaching of integrated science* contributes towards general education, emphasises the fundamental unity of science and leads towards an understanding of the place of science in contemporary society. It avoids unnecessary repetitions and permits the introduction of intermediate disciplines.
2. A course of integrated science should emphasise the importance of observation for increased understanding of the environment ; it should introduce pupils to logical thinking and *scientific method.*
3. As it may be necessary in an integrated course to omit some details it is essential that the content of the course should be judiciously chosen. It must be carefully compiled by collaboration between the different teachers and other specialists.

⁂

4. The *extent of integration* and the *balance between integration and coordination* will depend on the age of the pupils, the type of educational institution and local conditions. *At the earlier stages* of secondary education, a totally integrated course in experimental science appears generally desirable. *At the higher stages* of secondary education such a course may also be desirable especially for those students who have decided not to specialise in science.
5. Science is an important part of *primary education,* particularly in arousing scientific curiosity and in developing scientific attitudes and skills.
6. Studies into *concept formation in science* should be carried out, principally for the younger children.
7. Further experiments in the development of *new integrated curricula* and the production of *teaching materials* are needed, drawing on those resources that are already available. The results of such experiments must be widely disseminated.

⁂

8. *Mathematics,* besides its own independent structure, is a useful tool for the study of abstract models in other subjects, but it is essential to emphasise the approximate nature of such models.

CONCLUSIONS

1. Un *enseignement intégré* contribue à l'éducation générale, met l'accent sur l'unité fondamentale de la science et amène à saisir la place de la science dans la société contemporaire. Il évite les redites et permet l'introduction des disciplines intermédiaires.
2. Un cours de sciences intégré doit montrer l'importance de l'observation pour mieux comprendre le monde qui nous entoure : il doit inciter les élèves à raisonner logiquement et les initier aux *méthodes scientifiques* de travail.
3. Pour ne pas perdre de vue l'ensemble d'une question, on est parfois amené à négliger certains points particuliers qui peuvent être importants. L'intégration doit donc reposer sur un *choix* réfléchi et judicieux. Elle doit être minutieusement programmée par un travail d'équipe des différents professeurs et autres experts compétents.

⁂

4. Le choix de l'*équilibre* retenu *entre l'intégration et la coordination* dépend de l'âge des élèves, du type d'établissement scolaire, des conditions locales. Au *premier cycle* de l'enseignement secondaire, *un cours totalement intégré* des sciences expérimentales apparaît hautement désirable. *Au deuxième cycle,* il peut être aussi désirable pour les élèves qui se destinent à des carrières non scientifiques.
5. La science est un élément important dans l'éducation des élèves *à l'école primaire* particulièrement pour développer leur mode de penser et leur habileté manuelle.
6. Des *recherches psycho-pédagogiques* sur la formation des concepts scientifiques devraient être développées, principalement pour les jeunes enfants.
7. De nouvelles expériences utilisant les ressources déjà disponibles devraient être entreprises sur les *programmes* et le *matériel pédagogique*. Leurs résultats devraient être largement diffusés.

⁂

8. Les *mathématiques*, outre leur intérêt de science propre, sont un instrument utile pour fournir des modèles abstraits aux autres sciences, tout en insistant sur le caractère approximatif de ces modèles.

9. Mathematics teachers will be expected to understand, to some extent, science subjects other than their own, to illustrate their teaching. However, the subject itself cannot normally be totally integrated with these other disciplines.

10. *Physics* teachers should be aware of the mathematics used by their pupils. The *coordination between mathematics and physics* could be on the conclusion based *of the Lausanne Colloquium.*

11. The physics teacher should be responsible for teaching *mechanics,* as well as *astronomy* ; the introduction of some notions of astronomy in secondary schools is desirable.

⁂

12. The *training of teachers* for primary schools should include science closely linked to pedagogical aspects of teaching science. Secondary teachers should receive an education in science at university level and this education should include pedagogical aspects, both in theory and practice. In-service training, both scientific and pedagogical, is considered to be essential.

⁂

13. Experiments in integrated science may prove easier to carry out in *developing countries.* A nation with limited manpower and resources must establish appropriate educational objectives and integration of science offers many advantages towards achieving these objectives.

14. Integrated experimental science taught by one teacher facilitates the *transition from primary to secondary level,* especially in those countries where there is a change at this stage in the medium of instruction.

15. Sociological studies of local traditions and languages in developing countries are desirable, to investigate their influence on the teaching of science.

9. Les professeurs de mathématiques doivent connaître, jusqu'à un certain point, des matières hors de leur discipline, pouvant illustrer leur enseignement. Cependant, celui-ci ne devrait pas être, en règle générale, totalement intégré aux autres disciplines.

10. Les professeurs de *physique* doivent chercher à savoir de quelles mathématiques disposent leurs élèves. *La coordination entre les mathématiques et la physique* devrait être assurée sur les bases des recommandations du *Colloque de Lausanne.*

11. La *mécanique* devrait être enseignée par le professeur de physique, ainsi que des notions d'*astronomie* dont une certaine introduction dans les programmes secondaires est souhaitable.

⁂

12. Aux *futurs maîtres* de l'enseignement primaire, il convient d'assurer une *formation pédagogique et scientifique* suffisante, en connexion étroite. Ceux de l'enseignement secondaire devront recevoir une formation scientifique du niveau universitaire, et une formation pédagogique théorique et pratique. Un *recyclage* périodique, scientifique et pédagogique est essentiel.

⁂

13. Des expériences d'intégration peuvent être aisément tentées dans les *pays en voie de développement.* Une nation ne disposant que de main-d'œuvre ou de ressources limitées doit se fixer des objectifs d'éducation en conséquence, et l'intégration de l'enseignement offre de nombreux avantages pour les atteindre.

14. Un enseignement intégré facilite la *transition du primaire au secondaire*, spécialement dans les pays en voie de développement, où un changement de langage peut intervenir à ce moment.

15. Une étude sociologique des traditions locales et du langage serait désirable dans les pays en voie de développement, pour en tenir compte dans l'enseignement scientifique.

Congreso sobre de la integración de las Enseñanzas Científicas

(Resumen)

Dicho Congreso, organizado por la Comisión Inter-Unión de la Enseñanza de las Ciencias, se celebró en DROUJBA (Bulgaria) desde el 11 hasta el 19 de septiembre de 1968. Los trozos del informe general se refieren a :

1. La integración propiamente dicha :
    - 1,1. Aportación de la integración a la enseñanza de las Ciencias ;
    - 1,2. Aportación de la integración à la actividad del alumno;
    - 1,3. Texto de un curso integrado ;
    - 1,4. Los métodos de enseñanza ;
    - 1,5. Establecimento de la integración en el "1er Ciclo" de enseñanza segundaria ;
    - 1,6. Integración al "2° Ciclo" de enseñanza segundaria ;
    - 1,7. Las Ciencias en las escuelas primarias.

2. Coordinación en y entre las asignaturas :

……………………………………………………

2,3,2. Biologiá y demás asignaturas.

……………………………………………………

4. Aspectos especiales de la integración de las Ciencias en los países en vía de desarrollo :
    - 4,1. Introducción ;
    - 4,2. Ventaja de la integración en los países en vía de desarrollo ;
    - 4,3. Tipos de cursos integrados necesarios en los países en vía de desarrollo ;
    - 4,4. Preparación de horarios y programas.

Conclusión del Congreso.

LA BIOLOGIE DANS LE CADRE D'UN ENSEIGNEMENT INTÉGRÉ

René Heller

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

(Rapport présenté au Congrès CIES de DROUJBA, 1968)

Aux raisons d'ordre général qui amènent les enseignants d'aujourd'hui à repenser leurs méthodes pédagogiques (scolarisation plus répandue et plus longue, augmentation du volume des connaissances, vulgarisation scientifique imprégnant de plus en plus la vie quotidienne des élèves) s'ajoutent pour les professeurs de Biologie deux considérations supplémentaires. Le développement des branches modernes: physiologie animale et végétale, biochimie, génétique, requiert un appel de plus en plus important aux sciences-supports : mathématiques, physique et chimie. Cependant les aspects plus traditionnellement naturalistes ne doivent pas être perdus de vue : connaissance des formes et du comportement des êtres vivants, de leurs modes de reproduction et de leur évolution, sans oublier les incidences appliquées sur l'agriculture, l'élevage, la pêche ou l'industrie.

L'institution d'un enseignement intégré, dans des limites raisonnables, ne peut qu'aider à surmonter ces difficultés, tout en facilitant l'enseignement des autres disciplines.

* * *

Le problème ne se pose guère dans les classes élémentaires, où l'intérêt paraît évident d'un maître unique pour initier de jeunes enfants aux aspects essentiels du monde où ils vont vivre.

En Faculté, tous les efforts doivent être centrés sur la spécialité choisie et l'intégration prend la forme, dans le cas qui nous occupe, d'une convergence vers la Biologie de ces disciplines-supports (mathématiques, physique, chimie) dans des conditions qui furent analysées au Congrès de DAKAR. La nécessité y fut affirmée de les enseigner sans perdre de vue l'objet de cet enseignement et le public auquel il est destiné ; en faisant appel constamment à des exemples concrets intéressant la Biologie (croissance bactérienne pour la fonction exponentielle, enzymologie pour la catalyse, etc.). Pour les secteurs plus directement liés à la Biologie (statistique, thermodynamique, cinétique chimique, etc.), il est souhaitable que l'enseignement des sciences-supports soit dispensé : ou bien par les biologistes eux-mêmes, sous réserve qu'ils aient une culture appropriée, ou bien par des spécialistes des disciplines-supports, pourvu qu'ils manifestent pour la Biologie un intérêt spécial.

Dans l'enseignement secondaire, l'intégration doit perdre ce caractère de convergence vers une discipline particulière et peut être plus structurée. Mais une réflexion sur cette structure suppose que l'on ait des idées claires sur le déroulement des études et l'articulation des diverses voies offertes aux élèves. S'il ne semble pas souhaitable que ceux-ci suivent tout au long de leur scolarité une même voie, une orientation trop précoce est à déconseiller. Un large tronc commun doit précéder les bifurcations progressives. Il est d'ailleurs probable que même dans les grandes classes où une différentiation doit exister entre les diverses vocations, elle gagnerait à prendre la forme d'enseignements généraux, communs à de larges fractions, avec des secteurs à option, plutôt que de sections entièrement distinctes.

Dans le tronc commun de base, pour les élèves de 11 à 14 ans environ, l'intégration peut être très poussée ; la première année, elle peut même se ramener à un maître unique pour l'ensemble des disciplines scientifiques. Il n'y a que des avantages à ce que les sciences naturelles, où dominent pour cet âge les aspects descriptifs, soient associées à la géographie ; les relations réciproques entre les êtres vivants et leur milieu naturel apparaîtront alors tout naturellement. De même les mathématiques gagneront à être directement extraits du concret, sans pour autant être enseignés en contradiction avec les entités abstraites qui seront dégagées plus tard : étudier la sphère et le globe terrestre ensemble facilite l'étude de l'une comme de l'autre. La technologie et les aspects appliqués (agriculture, hygiène, etc.) doivent naturellement être inclus dans cette intégration.

Toutefois, il n'est pas question de la pousser à l'excès ; de nombreux chapitres restent à traiter en eux-mêmes, sans souci de vouloir les intégrer artificiellement à d'autres. De même, il n'est pas question de vouloir prolonger abusivement cette intégration dont doivent se détacher progressivement les spécialités au cours des deux ou trois années suivantes : les mathématiques doivent quitter assez vite le monde purement concret et prendre alors leur autonomie en horaires, en programmes et en maitres, dès vraisemblablement la deuxième année d'études secondaires; la géographie régionale doit elle aussi se séparer de la biologie ; enfin, mais cela beaucoup plus tardivement, vers la 3ème ou 4ème année des études (enfants de 13 à 15 ans), la physique, la chimie et la géologie doivent à leur tour devenir autonomes.

Que l'intégration doive ainsi céder peu à peu le pas dans la structure de l'enseignement à des disciplines spécialisées au fur et à mesure que l'on s'élève dans le cours des études ne signifie nullement que l'on renonce à la pratiquer à l'intérieur même de ces enseignements et à la réaliser alors au niveau des chapitres et non plus des disciplines. Il n'est pas raisonnable que, comme souvent actuellement, l'œil soit traité par le biologiste alors qu'il a naturellement sa place à côté des autres instruments d'optique dans le cours de physique ; la thermodynamique chimique au contraire (au niveau élémentaire où elle est traitée au lycée) relève beaucoup plus de l'enseignement du biologiste qui seul aura à en faire usage que du cours de chimie. Enfin, bien des théories philosophiques seraient présentées d'une façon plus précise et moins formelle si elles étaient directement rattachées aux phénomènes expérimentaux qu'elles cherchent à expliquer (transformisme et génétique ; matérialisme dialectique et métabolisme cellulaire, etc.). Ceci dans des limites raisonnables et sans excès.

*

* *

Ainsi sous une forme plus ou moins poussée selon les âges, l'intégration de l'enseignement non seulement économiserait le temps et les efforts des maîtres et des élèves, mais elle apprendrait à ceux-ci que les catégories imaginées par l'esprit humain pour décrire les phénomènes naturels ne sont que des moyens de classement commodes mais approximatifs. L'esprit, habitué de bonne heure à percevoir les analogies entre les différents phénomènes, à retrouver les mêmes modes de raisonnement pour les analyser et les expliquer, serait mieux à même, mis en face d'une réalité nouvelle, de l'étudier et de la comprendre. L'intégration est la meilleure voie pour atteindre à l'humanisme scientifique qui est le but de tout enseignement secondaire.

Mais cette ingégration suppose de la part de la génération des enseignants qui pour la première fois va la mettre en œuvre, un grand effort vers la culture générale, à laquelle elle n'a pas elle-même toujours été préparée. Elle suppose surtout la volonté de renoncer à toute préoccupation de prestige, à tout monopole dans l'enseignement d'une discipline. Une fois de plus, l'enseignant doit oublier son propre passé pour ne plus songer qu'à l'avenir de ceux qui lui sont confiés.

Biology in integrated teaching

(Report presented at the CIES Congress at Droujba, 1968)
R. Heller
(Summary)

In primary schools, it seems quite obvious that it is the same master who must initiate young pupils in the different and essential aspects of the world in which they are going to live. At University, integration must consist in a coordination between Biology and the supporting sciences (Mathematics, Physics, Chemistry) and the teachers must never forget that they are meant for intending biologists.

In secondary education, too early orientation is not recommended ; a general knowledge must be first mastered and orientation must come later and progressively. The first year may include all the scientific subjects, geography and mathematics included. In the second year, mathematics and regional geography may become autonomous subjects, physics, chemistry and geology in the third or fourth year only.

Even in the second cycle (sixth forms) many notions of Physics (geometrical optics) or of Chemistry (thermodynamics, catalysis) should be taught by the Biology Teachers when studying the biological fields in which these notions play a part (study of the eye, metabolism, enzymes, etc.).

La Biología en el marco de una enseñanza integrada

(Informe presentado en el Congreso CIES de Droujba, 1968)
R. Heller
(Resumen)

En las clases elementales es evidente la importancia de un maestro para iniciar a los niños en los aspectos esenciales del mundo en que les tocará vivir. En la Universidad la integración debe presentarse bajo forma de una coordinación entre la biología y las llamadas "supporting sciences" (Matemáticas, Física, Química) cuyos profesores nunca deben olvidar que van dirigidas a futuros biólogos.

En la Segunda Enseñanza no es aconsejable que se oriente muy temprano a los niños, y un ancho tronco comun debe preceder las progresivas bifurcaciones. En el primer año puede constar de todas las asignaturas científicas, incluídas las matemáticas y la geografía. En 2° ano las matemáticas y la geografía regional pueden volverse autónomas ; la física, química y biología sólo lo son en tercer o cuarto año.

Incluso en las clases terminales de Segunda enseñanza será conveniente que el Profesor de Biología enseñe numerosas nociones de física (Óptica geométrica) o de química (termodinámica, catálisis) cuando intervienen en los aspectos biológicos (estudio del ojo, del metabolismo, de las enzimas, etc.).

Reprinted from *Creative biology teaching* (Ames, Iowa), 1969, p. 76-95

CHAPTER 6

Planning a Science Center

IT WAS President Garfield who said that a log with Mark Hopkins—a creative teacher and lecturer—on one end and a student on the other was education enough for anyone. President Garfield did not specify where the log should be or from what kind of tree it should come. Perhaps to him it would not have mattered.

What a log this must be now! Schools offer so many different courses that to carry out the example a modern school would have to be a huge collection of logs. Our schools contain few "rooms"; they are made up chiefly of "learning centers." The students do not do "schoolwork"; they "engage in learning experiences." And the activities of students in an English course or in mathematics are quite different from the activities of students in science. The log has become a crowded place and the present teachers and students bear faint resemblance to Mr. Hopkins and his students of 100 years ago. Curriculum change has been only one cause of these differences; our technology has made a large, quiet contribution also.

ENVIRONMENTAL CONTROL

The differences in teaching rooms reflect the wide change of technology in our time. In his book *Teacher and Technology*,[1] William Trow of the University of Michigan describes what the learning environment must be for students today.

> For convenience the environment can be divided into three parts—the world of things, of people, and of symbols.
>
> The world of things is the objective world . . . the natural scientists have studied. . . . The world of people is ourselves . . . and the world of symbols, both verbal and numerical, takes over an increasing fraction of the learner's time and interest.
>
> The schools must do an even better job than they have in the past of teaching their students to look and say, to think and do. . . . The task is a continuing one of arranging the environment of the dynamic organism, the growing child, in such ways that he can learn effectively to live in his three worlds of things, people, and symbols.

This three-world life is that of the student when he is at home, or working, or with friends. How can you, the biology teacher, control the student's environment so that this life remains real to him when he enters your classroom? The answer lies in the room itself. The sights, symbols, and even the sounds of science must be a part of the classroom—as much a part of it as the windows, lights, and desks. An empty room that looks like a general-purpose classroom will cause students to react in an ordinary, general way. Create a cubicle of science that will inspire all types of students: those who do no more than occupy space, those who are just average, and those who are eager. It will motivate them to action because they will see biology everywhere they look. For students who have a special curiosity about learning, the creative teacher's biology room will extend their imagination far more than Mark Hopkins' log could possibly have done.

---

[1] Appleton-Century-Crofts, New York, 1963.

Where Do You Start?

A few lucky teachers have the opportunity to design their own rooms. The tremendous building programs of the 1950's and 1960's in which thousands of new schools were built to accommodate the "war babies" born just after World War II are continuing. Not only are new schools being built but old ones are being replaced. Also, there is often opportunity for a teacher to change rooms in a school, moving from an older, general-purpose room into a room that is made over into a biology laboratory. In these cases, though the teacher does not have the chance to plan his new room when the school is being built, he can nevertheless determine how the existing room should be remodeled. Suppose you knew that you would soon be moving your department into a room that was formerly an English classroom. What kinds of things would you have to put into the room to convert it into a place to teach biology?

The *Thirty-First Yearbook* of the National Society for the Study of Education, though it was published in 1932, sets forth a list of timeless guidelines for a comprehensive science room.

> A science room is a place where the experience of problem solving is possible.
>
> The plan and design of a science room must provide elements of flexibility.
>
> The design of both classrooms and laboratories should provide facilities for effective teacher demonstrations.
>
> Science rooms should provide facilities for individual laboratory work.
>
> Science rooms should provide certain facilities for objectification by means other than the use of concrete materials (blackboard, bulletin board, display fixtures, visual aids).

These principles can be summarized by saying that the science room must be a workroom where students can "get their hands on science." They must be able to see, smell, and handle science. They must be able to work in small groups, or sometimes individually, on experiments that make biology more real to them. Anything you put into the room must do its share in bringing biology to the student for a close-up inspection. Biology teachers, more than any other group, need tools to teach with. The room you design must have places for these tools.

To Whom Do You Turn

The problems of building or remodeling can best be solved by builders or remodelers. They are problems for the architects, contractors, carpenters, electricians, and plumbers. But, while these craftsmen are experts in their areas, they will need guidance from you since you are the expert in the area of what is needed to make the room "teachable." Here are some suggestions you can follow and some people to turn to for advice in designing a biology room.

1. *Visit other schools.* Drive to schools in your area and look at their biology rooms. Take measurements, list the equipment and furniture they have. Ask for costs. Find out what the teacher likes and dislikes about his room. Ask yourself what *you* like and dislike about the room. Could you teach *your kind* of biology—*creative biology*—in such a place? Why or why not?
2. *Send for catalogs.* Any number of suppliers in the United States specialize in school furniture (see Appendix F 288). Their catalogs include plans and pictures of classrooms the

companies have designed for schools all over the country. You can get a great deal of valuable help from these catalogs in choosing furniture and in determining the cost.

3. *Talk to the architect.* If you are involved in helping your principal and superintendent with building plans, you will probably have to talk to the architect sooner or later. Many architects have good ideas about the needs of biology teachers, but some know less than the teacher about the physical layout of a biology classroom. In the latter case, you may wish to make rather firm suggestions. Use your own ideas, based on your experience in the classroom. Try to foresee potential limitations of the room you design and then consult the architect so that the limitations can be corrected.
4. *Write your professional organization.*[2] The National Science Teachers Association will provide members with up-to-date information regarding construction and remodeling of science classrooms. The American Institute of Biological Science also publishes helpful room-planning material.

What Do You Want?

While not all biology teachers will choose identical room arrangements, there are a number of essential items that should be included.

1. Running water to the lecture table, one or two side sinks, and perhaps even to the students' individual laboratory tables.
2. Gas jets at the lecture table and at the students' tables.
3. Compressed air at the lecture table and at the students' tables.
4. Blackboards behind the lecture table.
5. A large lecture-demonstration desk in the front of the room.
6. A preparation room and storeroom, preferably just behind the lecture desk.
7. Bulletin boards on one wall.
8. Display cases on one wall.
9. Storage cabinets under a long side shelf, along one wall.

Armed with the illustrations in this chapter, catalogs, personal talks with other biology teachers, visits with the architect, and information from professional science organizations, the individual biology teacher must make his own room plan.

Face-lifting a Room

Let us suppose you begin teaching in a school that already has an established biology room and the school administration has no desire to remodel it. The room actually may not be too bad the way it is, with long laboratory benches, adequate lecture-demonstration desk in front, blackboards, preparation room off to the side, and numerous display cases on the walls. Would there be a need to make changes in a room of this design? Is there any reason to give it a face-lifting?

We think so. We think you need to fill the room with the sights and sounds and smells of science.

WALL-TO-WALL EVOLUTION

One way of starting the renovation of a biology laboratory involves the so-

---

[2] The October 1964 issue of *The Science Teacher* has an article by Harry K. Wong that suggests many unique ways of remodeling a science room.

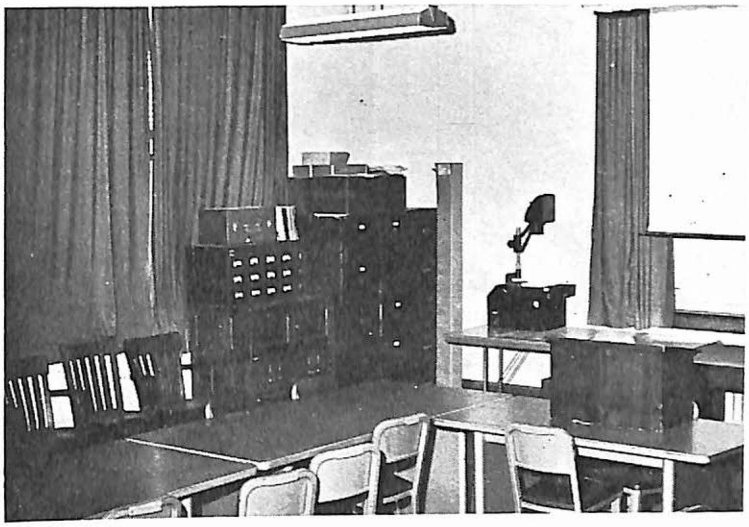


Fig. 6.1—Make a list of improvements that could be made in this biology classroom, based on the ideas presented in this chapter.

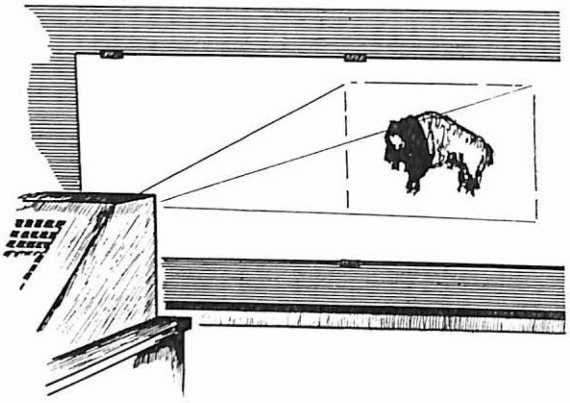
called "big ideas" of biology—basic biological concepts that give strength to the fabric of the study of life, such as evolution, ecology, the interaction of heterotrophs and autotrophs, energy transfer, and cell replication. Not *all* of these lend themselves to conversion to a wall chart or three-dimensional display, but some of them work out most effectively.

Let us begin with the concept of evolution. What teaching devices can best show the changes of life on earth over the years? The geologic eras of time and the living things present during these periods can be shown in a number of ways. A rope stretched from one end of the room to the other across the top of the blackboard may stand for all known time. Knots tied in the rope signify the arrival of land plants, dinosaurs, birds, and finally man. If the rope is 20 feet long, the last knot, only ¼ inch from the end, represents the short time that man has been on the earth.

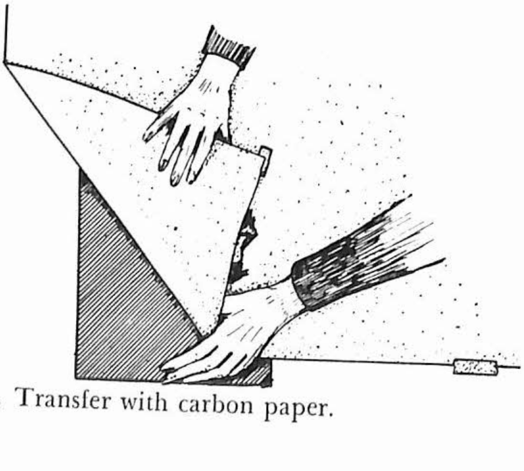
If you have adequate space on your walls you might consider having a student paint an entire mural to represent these changes. The steps in working out such a project are shown in Figure 6.2. Pictures from books and magazines were projected on a long sheet of blank paper bought from the local newspaper. (The last few hundred feet on a roll of newsprint cannot be used in a high-speed press.) By adjusting the distance of the opaque projector from the newsprint, the pictures can be enlarged to the proper size. The entire strip of paper containing the "tracings" of the drawings projected onto it is then taped to the wall where the mural is to be painted. The transferring process, in which the tracings are put on the wall, is accomplished by inserting carbon paper behind the newsprint, and tracing over the drawings a second time. Using moderate pressure from a pencil or ball-point pen, the tracings "print through" the carbon paper, and onto the wall. The entire strip of paper is then removed and the outlines of the figures are painted. Latex paint is easier to work with than oil-base paint, and can be removed easier when it is still wet. A spray coating of clear lacquer is applied for protection from dust and dirt.

An attractive wall mural is not only

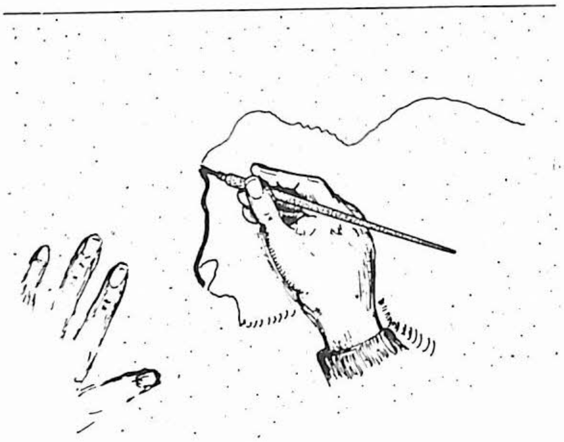
a. Select illustration from a book or magazine.



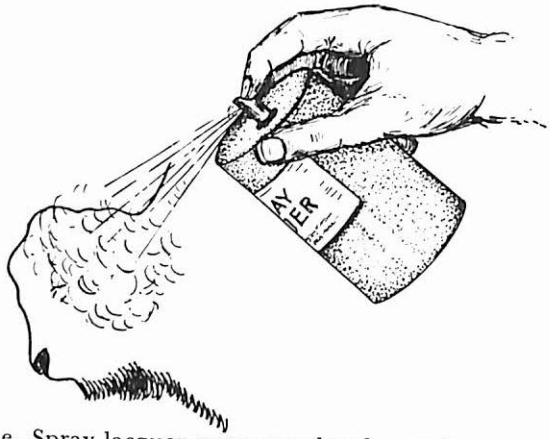
b. Enlarge with opaque projector.



c. Transfer with carbon paper.



d. Ink figure on wall.



e. Spray lacquer over completed mural.

Fig. 6.2—These steps can be followed if you wish to make a wall mural for your biology classroom.

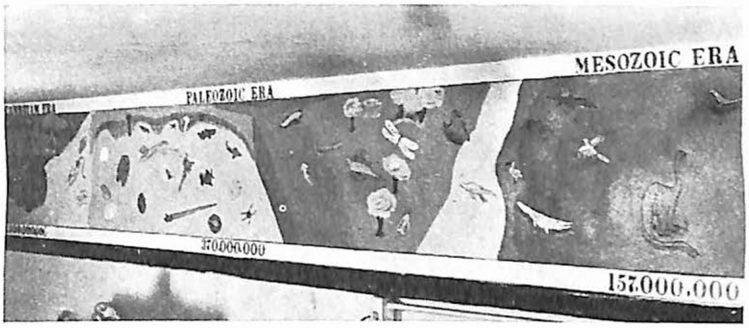


Fig. 6.3—The wall mural should tell a story that stimulates students to think and ask questions. Ideal subjects for murals include ecology of a pond, cell replication, protein synthesis, and photosynthetic pathways.

a teaching tool, but provides free advertising. Visitors to your room, including school officials and parents, remember such a mural and begin to associate it with creative teaching. As the image of the biology room improves, your image as a creative biology teacher improves also.

A WALL OF MODELS

Unused wall space—a few square feet here and there in the room—makes an excellent place for a grouping of biological models. The casual visitor to your room—as well as the beginning biology student—will be attracted by models of crayfish, earthworms, flowers, and other specimens. Colorful, three-dimensional enlargements of the human heart, ear, and eye are interest catchers. A larger-than-lifesize jellyfish makes the study of coelenterates more real to the students who have never waded ocean waters infested with *Physalia*. But good models are more than interesting. They are vital teaching aids, as important to creative biology teaching as microscopes, test tubes, and chromatography paper. They teach most effectively the relationship between structure and function, and show vividly the orientation of body organs to one another within an organism.

The expense of commercial models limits the number a teacher may feel justified in ordering. In Chapter 8 we outline the steps a student can follow in designing and building inexpensive models of biological material, including molecular models. Some student-built, painted plaster models are shown in Figure 6.4, arranged in a wall space four by six feet.

Biology teachers are finding they must teach some chemistry before they can dig into the more sophisticated concepts of present biological thinking. You can help a student understand his chemistry by using styrofoam-sphere models of biological molecules. Of the many arrangements for such a wall of molecules, one grouping, shown in Figure 6.5, puts the models in traditional categories. Carbohydrates, lipids, and proteins are in the first three groups, followed by the energy-carrying molecules of ATP and DPN (NAD), and finally the strikingly similar structures of chlorophyll and hemoglobin—the "pigments of life." Directions for constructing these teaching tools are given in Chapter 8.

A GIANT MOLECULE OF DNA

Besides wall-to-wall murals and models there may be floor-to-ceiling models of molecules.

Look around the classroom. Note

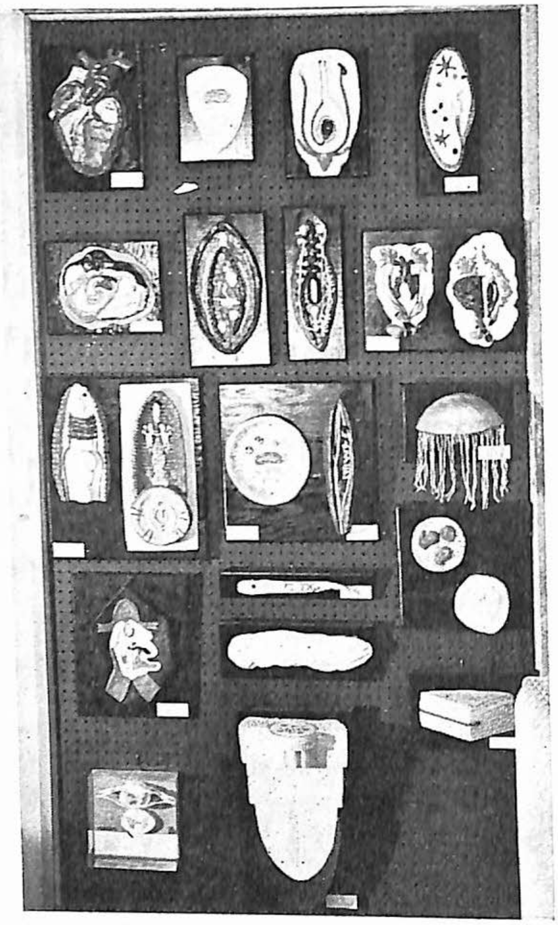


Fig. 6.4—These models, designed and constructed by students, help in visualizing small or complicated structures. Plans for building models like this are given in Chapter 8.

the wasted space. Watch especially for floor space about two feet in diameter, that extends unobstructed to the ceiling. Such a cylinder of space makes an ideal place for a wire and broomstick or garden hose and dowel model of the DNA molecule. Space next to a door, near a cabinet, or in a corner is usually free for such a molecular model.

An example of a teaching model of DNA is given in Figure 6.6. Models of this type are now common in many classrooms. The materials mentioned in the paragraph above are commonly used, but rubber tubing, small sticks, and plastic pop-beads also make durable, attractive models.

The attention the students give your DNA molecule opens the door for creative teaching in genetics, heredity, protein synthesis, and cellular control. For example, the pairs of bases forming cross-linkages in the molecule might represent the dots and dashes of the Morse code. If so, there would be enough DNA in one human cell to encode 1,000 large textbooks.[3] Stated another way, 20×10^{-12} grams of DNA in the human fertilized egg determine all the characteristics of the mature human being weighing 5×10^{15} grams. On this basis, how much would the adult organism weigh if its DNA were actually as heavy as your floor-to-ceiling model?[4]

Models can misrepresent facts just as easily as they can clarify. DNA may be more easily visualized as a large model, but in actual size "all the DNA determining the hereditary characteristics of the entire population of the earth could be packed onto the head of a pin."[5]

A JUNGLE ON A BUDGET

Biology, the study of life, is often the study of things that are not alive at all. In large numbers of classes it is the smell and feel of something supposed to be *Spirogyra* but which seems more like a mass of black thread soaked in formaldehyde. The student who studies this sad substitute for the glistening, green, gelatinous-covered, filamentous alga not only misses the excitement of seeing

---

[3] Cricks' original suggestion, according to Loewy and Siekevitz, in *Cell Structure and Function*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1963.

[4] If your model weighed only one pound, an imaginary organism containing that pound of DNA would weigh 25×10^{25} pounds. Actually, each adult human being contains about *two ten-trillionths of an ounce* of DNA.

[5] Loewy and Siekevitz.

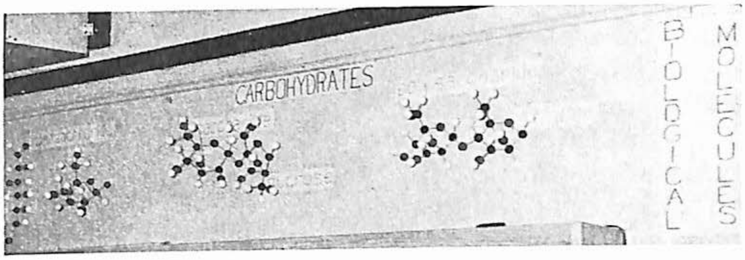


Fig. 6.5—These inexpensive styrofoam models help students visualize the three-dimensional nature of biochemicals. Each of the models in the picture can be removed from the wall for closer study.

something living, but also gets the wrong idea of what *Spirogyra* really is. This problem of having living material *where* we need it *when* we need it is not new. In the text *Methods and Materials for Teaching the Biological Sciences,* published in 1938,[6] Miller and Blaydes recognized the problem. Their chapter on collecting, culturing, and preserving begins:

> Perhaps no situation offers greater problems to the teacher of biological subjects than the necessity of providing suitable materials for class use.
>
> Too frequently students know that laboratory or demonstration materials come out of cans or bottles but are unable to trace them further.

Judging from the opening of the same chapter in the second edition of the book by Miller and Blaydes, published in 1962, the problem is still with us:

> There is probably no greater problem for the teacher of biological subjects than the necessity of providing suitable materials for class use.

New approaches to biology make extensive use of living materials, but this does not insure that teachers are going to provide the materials. It is often easier to skip the exercise or experiment that calls for living material rather than order, culture, or collect material. Biology teachers need to include more living material in the biology classroom.

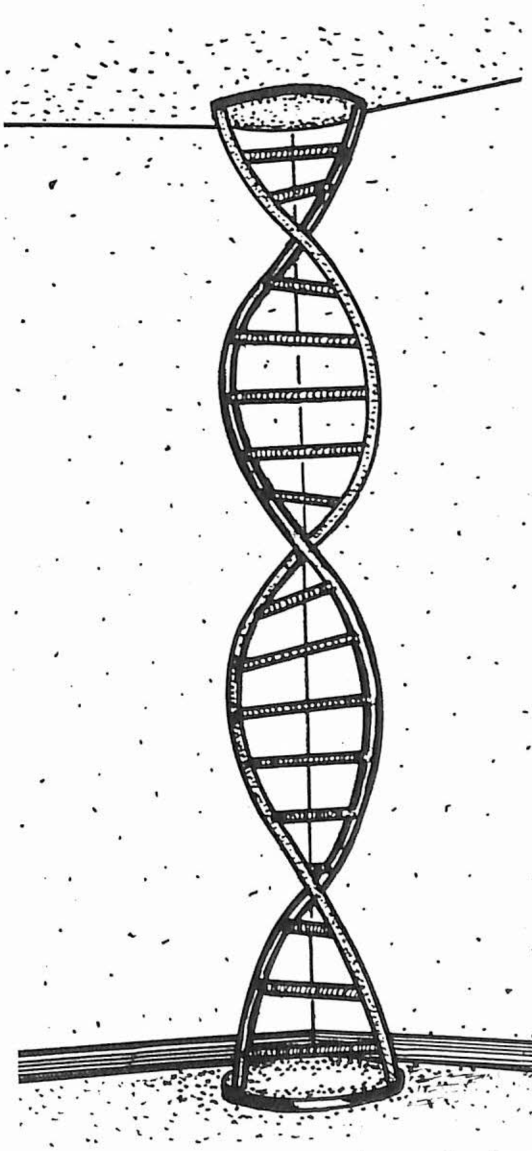


Fig. 6.6—Construction of a giant molecule of DNA is not difficult when it is a group project. This floor-to-ceiling model can be constructed from garden hose and broomsticks. The hose forms the sides of the model; the broomsticks are the crosspieces.

---

[6] McGraw-Hill, Inc., New York.

Plans for a room jungle make possible the presence of certain vascular plants, easy to maintain, and always available.

Plants are some of the easiest organisms to maintain.[7] By placing them on shelves and window sills a biology room can become a veritable jungle, but a more attractive way to grow a great number of plants for teaching material is to create a planned "jungle" in one corner. Tiers three or four steps high, built as lightweight plywood modules, lend versatility to the basic structure. From the standpoint of teaching, plants that are readily available in one area of the room save hours of before-class preparation. Maintenance of plants is easier when they are placed in a group. If artificial light is required, one group of plants is easier to illuminate than several groups scattered throughout the room. Many schools are provided with greenhouses that may be kept at constant temperature and humidity. This provides a satisfactory environment for growing various kinds of plants and even animals. See Appendix F 289 for sources of supply for greenhouses and greenhouse equipment. Appendix C 240 discusses some good practices in greenhouse techniques.

Not all plants are "house plants"; that is, not all plants will survive well in a dry, temperature-fluctuating winter classroom. And not all house plants contribute effectively to the teaching of biology. In Appendix C 243 we discuss some plants that are satisfactory for class use from the standpoint of both growability and teachability.

LIFE BEHIND BARS

What is a jungle without animals? What is a biology room without something that lives, moves, makes noise, and is interesting to look at? Certainly it is not necessary for you to maintain large stocks of a wide variety of animals, but some livestock is essential, not only to

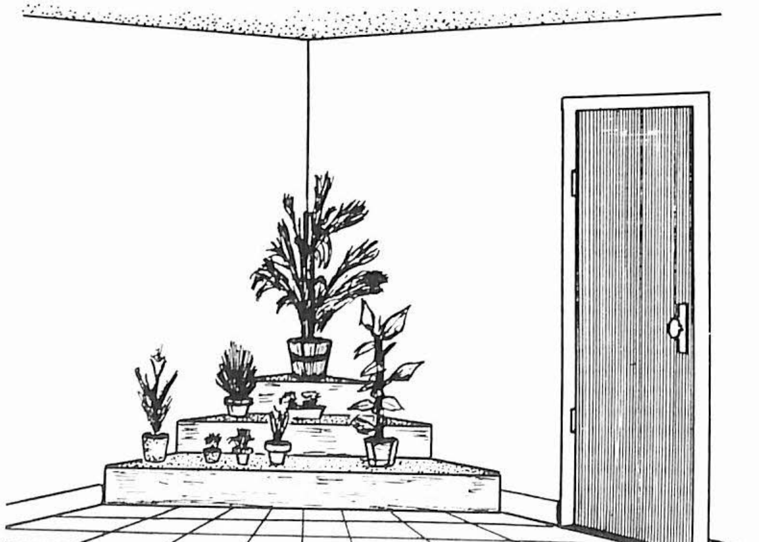


Fig. 6.7—A corner of the biology room should be devoted to an effective display of plants, not only as an aid in creating the proper environment in which to study biology but also to serve as a source of fresh teaching material.

---

[7] The entire issue of the February 1965 *American Biology Teacher* is devoted to teaching with plants. Helpful suggestions are included for culturing plants that are not only useful in teaching but that grow easily in the classroom.

complete the biology setting, but as a source of teaching material.

Birds. Birds add a bright touch, both in sight and sound. Common birds, including canaries and parakeets, can be kept easily in a variety of cages. Inexpensive cages can be purchased locally, but you may wish to construct a large wire enclosure in a convenient place in your room. Different types of wire from a lumberyard or hardware store can be formed into cages of your own design. A very attractive bird cage is shown in Figure 6.8. It is a unique floor-to-ceiling cage that one of the authors constructed for his room.

While the design of cages may vary, the features that must be built into all of them include a convenient way of cleaning the cage, and feeding and watering the birds.

Frogs. Frogs provide material throughout the year for general class work as well as individual projects. These amphibians are among the easiest of all animals to maintain in the classroom for they have no special food and temperature requirements. Frogs will eat bits of hamburger or earthworms and can stand the temperature changes of a classroom with no apparent ill effects. In fact, we have kept frogs from the time they were collected in the fall until the following spring and they appeared to be as healthy when they were returned to the field as when they were brought in. Frogs need a small, constant dripping of fresh water to keep their skin moist, but that seems to be their only strict requirement. If you have a large, permanent aquarium in your room you can easily convert it to a frog tank. Put some stones in the bottom for the frogs to sit on, and 2 to 3 inches of water in the aquarium. The water should not cover the stones.

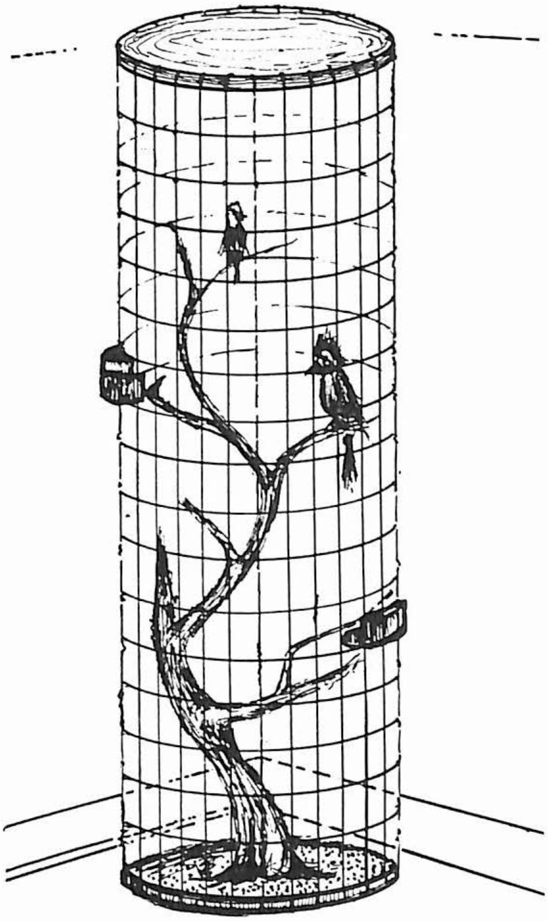


Fig. 6.8—This large cage can be constructed in about 3 hours at a cost of less than $10.

If you do not have an aquarium that can be converted to a frog tank you can construct a wire cage, using galvanized wire with a ¼-inch or ½-inch mesh. The cage should be made small enough to fit into the sink in your room so that water from the tap will drip into the cage and keep the frogs moist. The cage shown in Figure 6.9 was put together by a student in about one hour.

The cool, moist atmosphere of a refrigerator makes an ideal environment for frogs. Put the frogs in a plastic con-

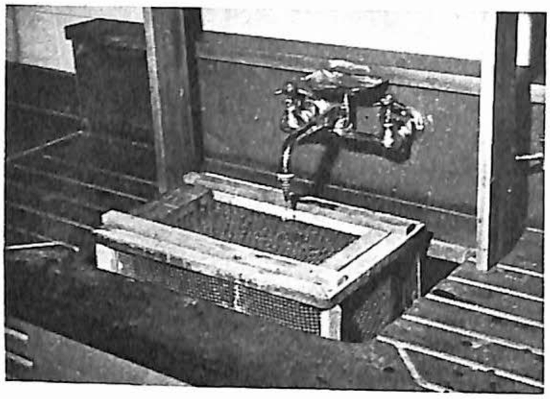


Fig. 6.9—A small frog cage made from galvanized wire and wood and placed under a dripping water tap in a sink keeps frogs in good condition for several months.

tainer with a loose-fitting lid, and some moist sphagnum moss or paper toweling in the bottom.

Mammals. The dictionary defines menagerie as "a place where animals are kept and trained. . . ." In a sense, your biology room is a menagerie, if it contains birds, rabbits, rats, and mice. While these warm-blooded animals require a little more care than frogs, they are easily maintained in the ordinary classroom without special equipment. Small mammals are important for they not only serve to convey the atmosphere of biology but are important teaching tools.

Sources for commercial cages and traps are listed in Appendix F 289. However, the simplest, least expensive cages can be made from throw-away materials. A one-gallon pickle jar with a wire top and watering bottle makes an ideal mouse house. A homemade jar cage is illustrated in Figure 6.10.

Tanks for Teaching. So much has been written about the "balanced aquarium"[8] and its use in teaching biology that it seems to have eclipsed much of the other valuable material a biology room can have. While we do not wish to give more emphasis to an aquarium than other teaching equipment, we feel that an attractive aquarium should be a part of the place to teach.

If you are especially interested in raising tropical or local species of fish you may want to devote a rather large area in your room to several aquaria in a lighted display. Lights can be ordinary 25-watt, incandescent bulbs, enclosed in a fixture of your own design. One dealer who raises Angel fish commercially prefers to immerse the bulb about 1 inch so that it heats the water as well as lights. The tanks can be made more attractive by using white silica sand and colored stones in the bottom.

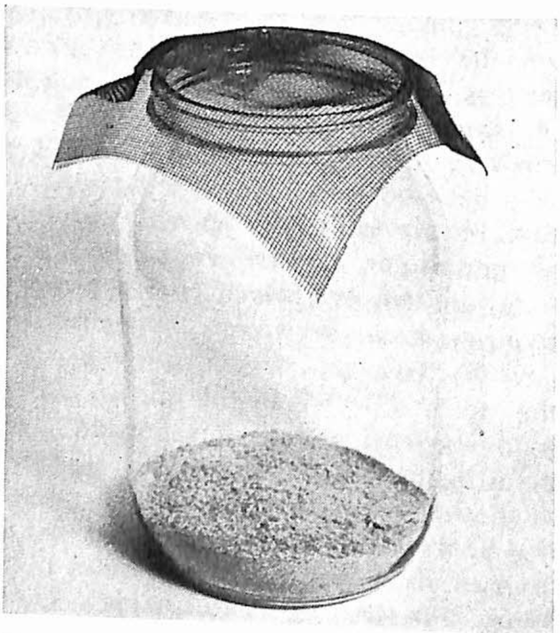


Fig. 6.10—Large-mouth, gallon jars can be obtained at no cost from restaurants or the school kitchen. Screen wire, cut into squares, can then be molded to fit on top of the jars. Sawdust is put in the bottoms of the jars and changed daily.

---

[8] The well-illustrated book *Starting an Aquarium* by Miriam Gilbert is excellent. (C. S. Hammond & Company, Maplewood, N.J., 1961.)

An attractive aquarium is illustrated in Figure 6.11.

Even if you do not plan to emphasize aquaria, you should have at least one well-kept tank. Students often expect to see an aquarium in a biology classroom, and an attractive one serves the double function of being useful to the teacher, who can cite it as an example of basic biological relationships, and to the student, who may be inspired enough by it to set up an aquarium of his own at home.

Aquaria double as cages for reptiles in both aquatic and terrestrial environments and can serve as terraria for plants. In fact, an ideal arrangement in a well-designed biology room is to have an aquarium and terrarium side by side.

Tanks for the dry-land reptiles, such as chameleons and skinks, must be kept warm and should be held at fairly constant temperatures. In Appendix D 267 we include discussion of the care of these reptiles and also that of other cold-blooded vertebrates, including fish.

A 15- to 25-gallon glass tank with a glass cover makes an especially satisfactory home away from home for exotic reptiles. The wet-land reptiles, such as turtles, do not seem to require conditions within quite so narrow a range.

Mosses and typical terrarium plants, including the sundew and Venus fly trap, require high humidity. We have given instructions for their culture in Appendix C 245, 246 and a list of these plants in Appendix C 243. Some interesting things you may do with them can be found in Appendix C 247.

The Suitable Substrate. We talk about the biotic pyramid, symbiosis, and balance in the world of life, but what do we point to for evidence? We give students generalities about "decomposers"

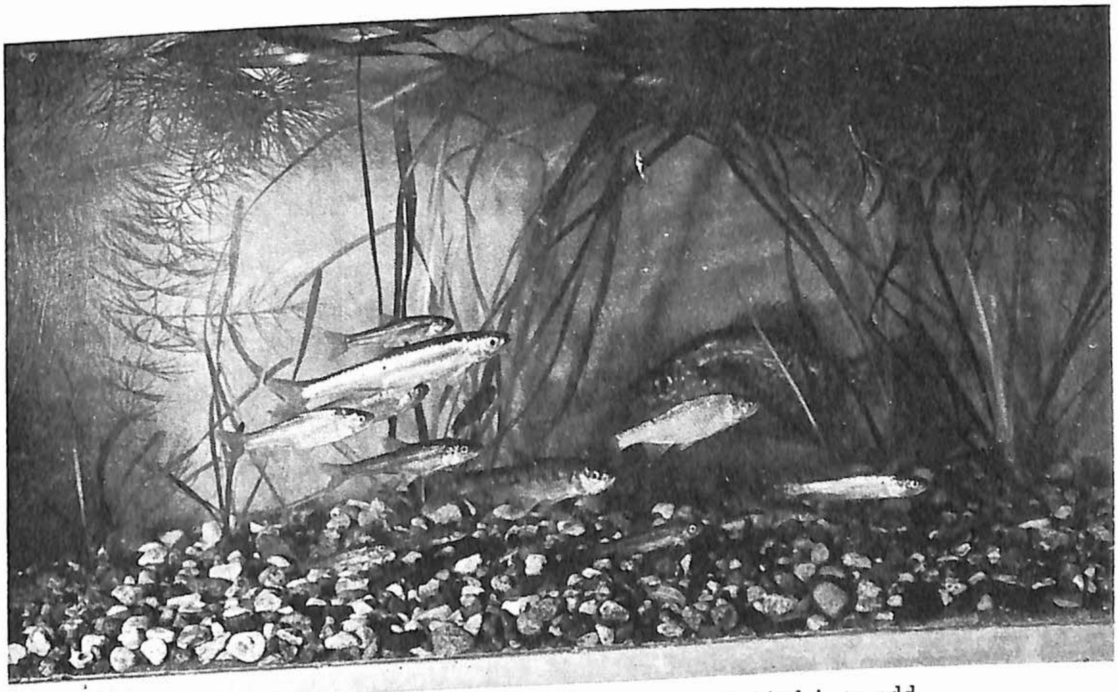


Fig. 6.11—This lighted aquarium could have a painted mural behind it to add interest. The mural could be designed and painted by students.

and "producers" and mention that bacteria and fungi are the vacuum cleaners of nature, returning partially oxidized nutrients to their more usable form as gases and salts. Will your students have to be satisfied with word pictures of symbionts, or can you point to evidence in the biology setting itself?

The balanced aquarium is one kind of evidence, but an old log covered with lichens, fungus, and moss conveys a more vivid picture of the role these important organisms play in recycling the chemicals of life. The physical shape of the log or branch you use, and the organisms on it will determine the type of display you make.

A suggestion for the use of soybean plants is shown in Figure 6.12 in which a wall space of 1 × 3 feet was used. The plants were held in place with wire, and the poster was attached to the wall with masking tape, rolled into small pieces, and placed at the corners on the back side.

ACCESSORIES FOR TEACHING

In addition to the wall murals, room jungle, giant DNA model, living animals, aquaria, terraria, and a substrate to show symbiosis, several other important items should be a part of the place to teach biology. Some of the most important equipment the biology teacher uses is *not* science apparatus, limited to use in a science room. Items such as an overhead projector, wall-mounted screen, slide projector, tape recorder, and flannelgraph easel all play a vital part in biology instruction. Every creative teacher should have this equipment and make use of it. While the overhead, opaque, slide, filmstrip, and film projectors have become commonplace in today's schools, there are novel ways to use them, especially in biology instruction. These, and their less used partners, including the tape recorder, flannelgraph, and magnetic chalkboard, have a vital place in dy-

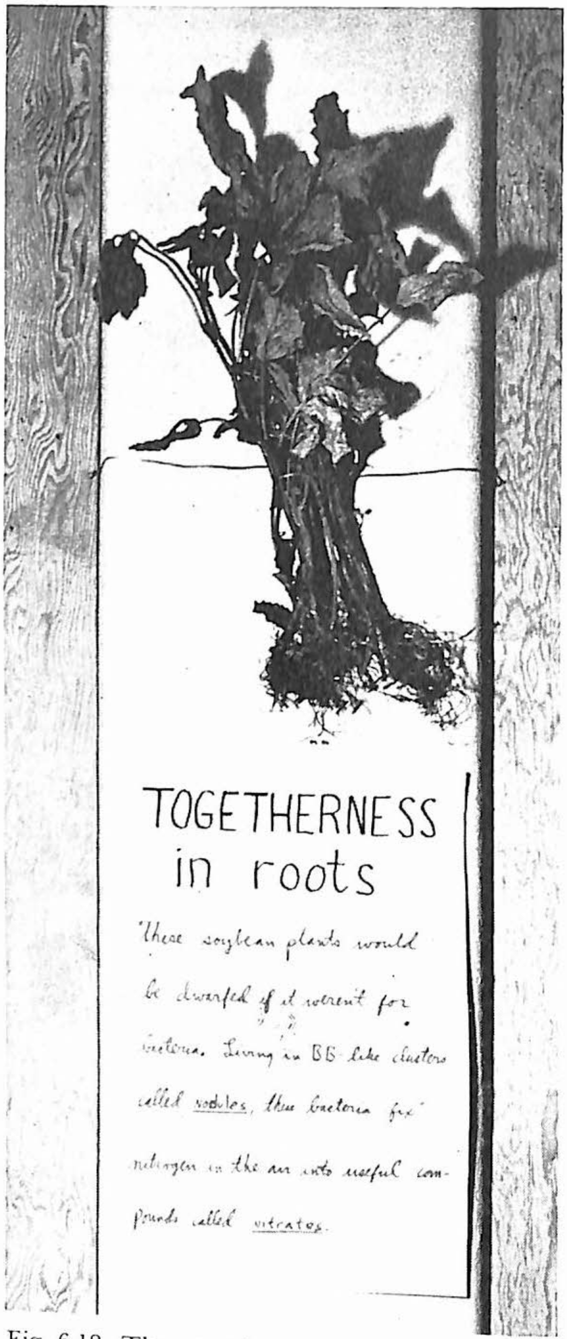

TOGETHERNESS
in roots
These soybean plants would
be dwarfed if it weren't for
bacteria. Living in BB-like clusters
called nodules, these bacteria fix
nitrogen in the air into useful com-
pounds called nitrates.

Fig. 6.12—The organisms on these roots provide a basis for an explanation of some of the symbiotic relationships that exist in nature.

namic instruction. The specific roles of educational media are outlined in Chapters 3 and 10. Instructional resources should be an integral part of your place to teach biology; they should become as useful to you as microscopes, test tubes, and petri dishes.

The room furniture might be overlooked, or taken for granted, since it often seems to be a permanent part of the room. (Sources for school laboratory furniture are listed in Appendix F 288.) Placement of display cabinets, laboratory tables, and the lecture-demonstration desk is an important factor. A large display cabinet is a necessity for the science setting *if* it is actually used for display. Too often room cabinets with glass doors become *storage cabinets* rather than *display cabinets.* Well-kept shelves, free of miscellaneous unsorted bottles, are interest-getters. Jars of uniform size, containing fresh, clear formaldehyde and specimens in good condition—accompanied by appropriate neatly lettered labels—create a display students *want* to look at. Figure 6.13 illustrates what we mean.

By enlisting the aid of some students and providing them with the appropriate resource material, the busy teacher needs to do little more than plan the overall display layout. Students can carry out the basic plan and still be left with enough latitude so they feel they have a creative part in the project. Sometimes it is necessary to "window dress" a cabinet with hangings of colored cloth. Printed signs add a completed look. In his excellent manual on preparation and exhibition of science materials for the classroom, Gordon Pond[9] writes: "In the future, greater efforts will be made to bring science to young people on terms that will promote understanding and interest. One of the best mediums through which this can be accomplished is exhibition."

Mr. Pond includes a number of practical suggestions to the nonartist on making labels, arranging preserved and plastic-embedded specimens, and creating attractive and informative displays in the classroom, using inexpensive materials.

The refrigerator, autoclave, transfer chamber, growth chambers with controlled temperature and humidity, and the constant temperature oven and incubator should be given their place in the biology room. A number of individual investigations, as well as preparation and culture of material for class use, will require specialized apparatus.

Finally, in any space left in this biology room containing the "things of science" so necessary for today's teaching, a room library should be established. Biology is not only discussion, lecture, and laboratory work. A great deal of information is offered in specific texts, reference books, journals, and magazines, and *it must be available in the biology room* at the time it is to be used. A room library can fill this important need. Limited space and funds may make your reference collection a small one at first, but as you continue to show a need for the materials, the school administration will cooperate. A suggested nucleus for establishing a room library may be found in Appendix E 283 (reference books), Appendix E 285 ("How To Know" series), Appendix E 285 (the BSCS pamphlets), Appendix E 285 (the Current Concepts in Biology series), Appendix E 286 (the Modern Biology series of paperback books), and Appendix E 280 (magazines and periodicals).

---

[9] *Science Materials: Preparation and Exhibition for the Classroom*, Wm. C. Brown Publishing Co., Dubuque, Iowa, 1959.

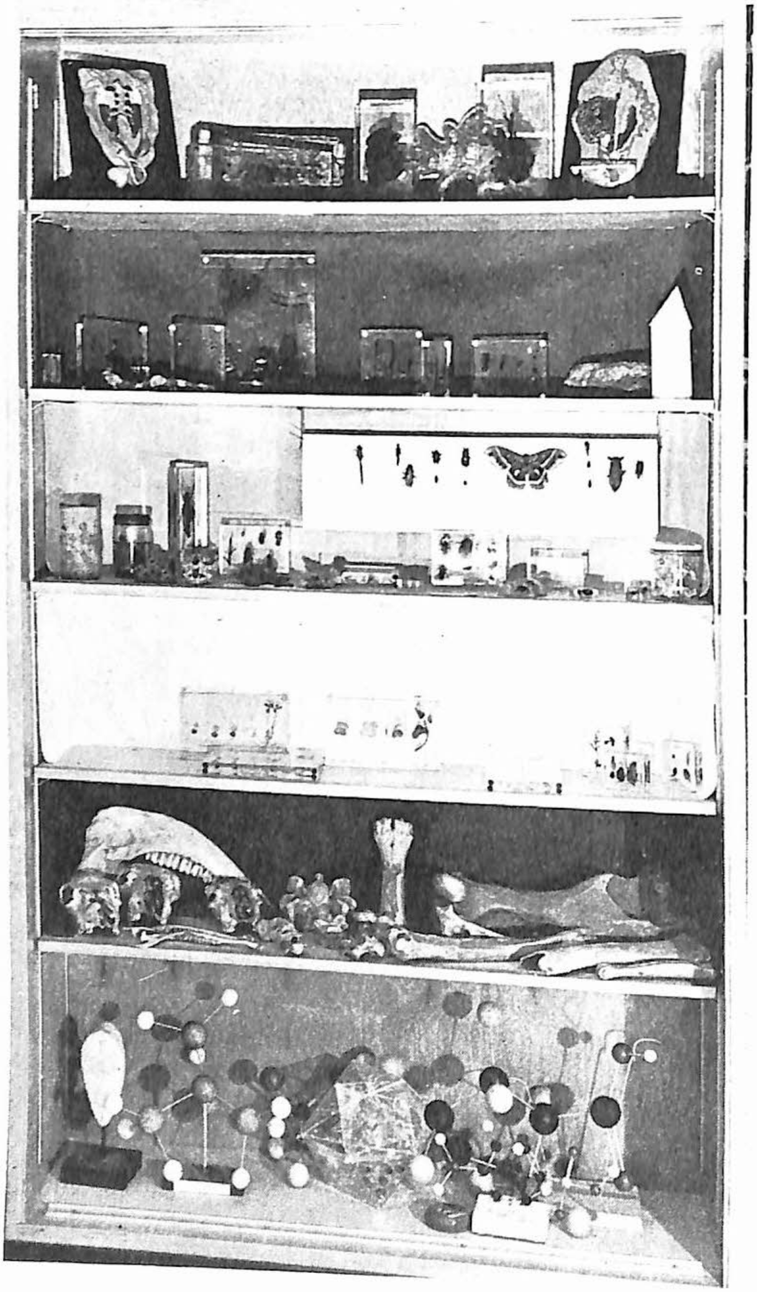


Fig. 6.13—This display cabinet shows what can be done with creative ideas and some inexpensive materials.

REFLECTING PROFESSIONALISM

There was a time when people went to a blacksmith shop to have their teeth fixed. The poor victim would be held down, screaming with pain, as the "dentist" extracted a tooth.

Blacksmiths were not the only people having two occupations in those days. Barbers doubled as surgeons. For six centuries, starting with a papal decree in 1163, barbers of Europe practiced surgery, performing such tasks as blood letting, lancing of abscesses, and treatment of wounds. The red stripe of the barber's pole today symbolizes the blood of the barber's ancient craft, and the white stripe is symbolic of the bandage.

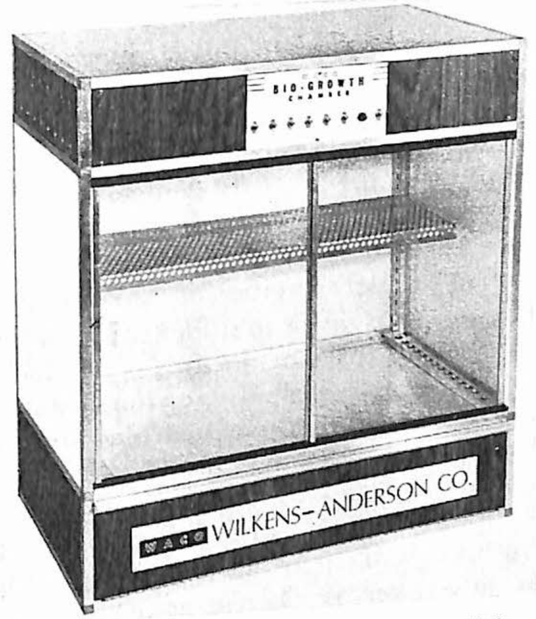


Fig. 6.14—Controlled environmental conditions make possible a number of long-range experiments with both plants and animals.

Today, as you recline in a dentist's chair, old-fashioned dentistry seems barbaric. Anesthetics, vibrationless drills whirring at 300,000 rpm, and a score of unique tools make the dentist's job far different from what it once was. The skilled physician, in a clean, well-lighted, efficient office with the necessary tools for carrying out the practice of medicine, provides a striking contrast to the early days when barbers were doctors.

Like the early "dentist's" office in a blacksmith shop and the "doctor's" office in a barber shop, early science teachers did their work in uninspiring, nonprofessional settings. Biology lectures were given in drab lecture halls, and class laboratory work was done in dimly lighted rooms that often doubled as chemistry laboratories or storerooms. If someone entered such a room it might be difficult for him to determine what subject was taught there. Sometimes the only clues would be rows of jars filled with preserved plants and animals, or a skeleton hanging by its skull in the corner. Such surroundings, often supplemented by dull teaching, must have indeed made biology a tedious and uninspiring subject.

What will your biology room mean to the student? Will it reflect professionalism? Will it reflect the type of teaching—the *involvement with biology*—that you want to convey? The biology room must be a continuing, quiet source of excitement to the student. It must give him the feeling that he is *in biology*, and that he can get inspiration by a kind of osmosis, from his surroundings.

REFLECTING CREATIVITY

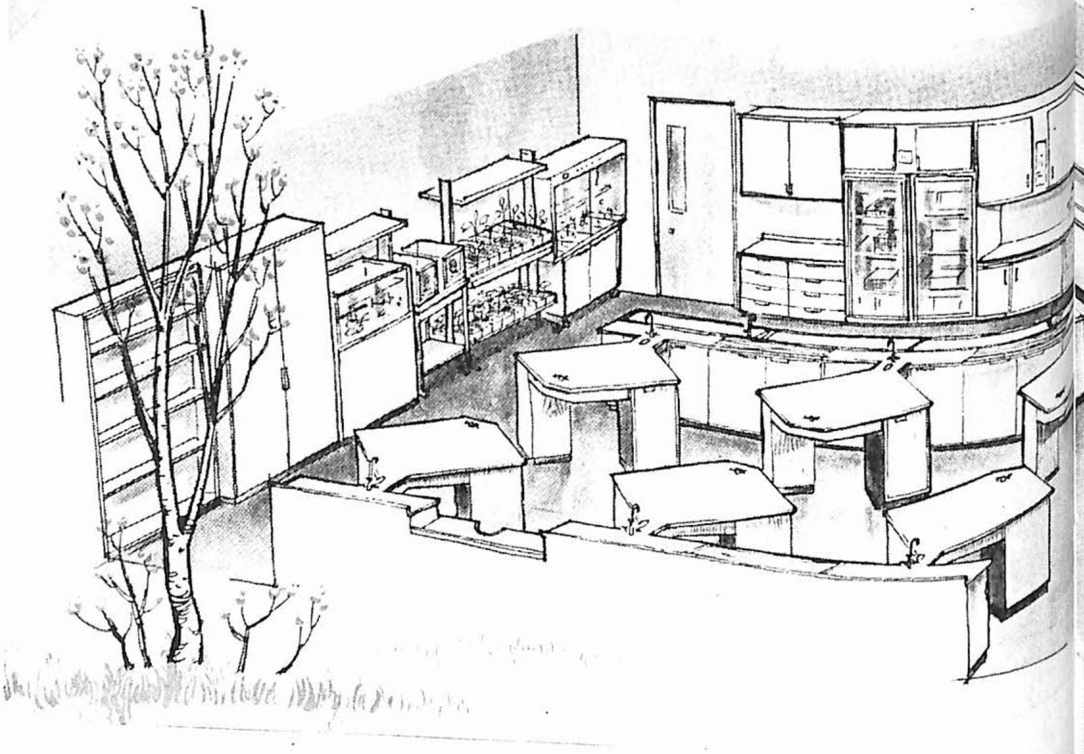
Remember—a creatively designed biology room does not necessarily insure creative biology teaching. Any number

Fig. 6.15—A room library cannot contain the comprehensive list of references that are found in the main library. However, it can become an information center for special topics studied throughout the year.

of people are excellent craftsmen, but they are poor speakers, or organizers, or disciplinarians. To transform the room itself into an appropriate place to teach creative biology you must become, in a sense, an interior decorator. You must have the imagination to see where to put the charts, the grouping of plaster models, the styrofoam models, the animal cages. It is entirely possible you *do* have the imagination and artistic flair required to bring about these changes in your room. *But*—it is also quite possible that you would never be able to teach with the same artistic flair. Your teaching techniques must take on the same new feeling of creativity that your room reflects. Even teachers who have a small amount of imagination find it easier to teach in the kind of biology classroom we have described in this chapter. The words of an uninteresting instructor seem less drab, the chalkboard drawings seem less sketchy. You can rise to fine teaching in the properly designed room. As you teach in such a classroom your words glisten with new brilliance.

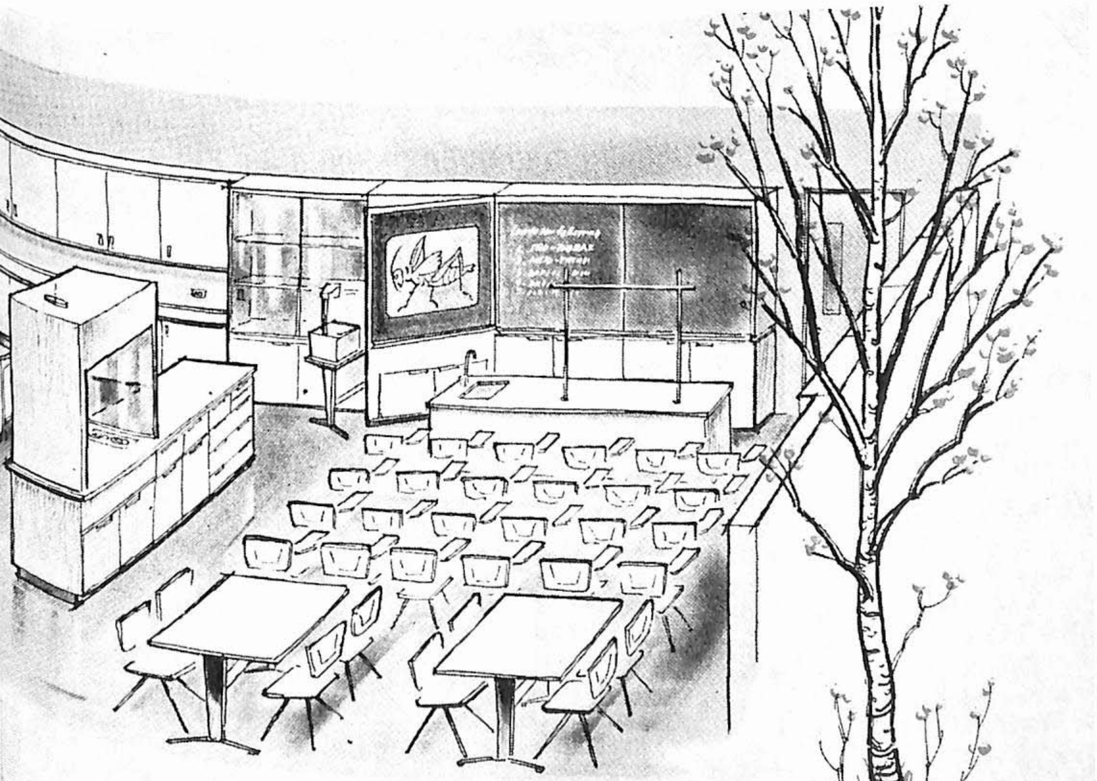
A properly engineered biology setting means as much to students as a well-designed dentist's or doctor's office does to patients. Surely no one would want to return to the days of the blacksmith shop for his dental work. And who would want to have surgery performed in a barber shop? The days of biology teaching in drab surroundings were with us only yesterday. Let us hope they are gone.

Fig. 6.16—The modern biology classroom, properly designed and decorated, is a controlled environment that creates an optimum learning situation. (From E. H. Sheldon Equipment Company, Homewood, Ill.)



CREATING CHAPTER CONCEPTS

1. What technological changes have influenced the construction of biology classrooms and the equipment that is used to teach biology?
2. Design a scale model of a biology classroom, using styrofoam or cardboard replicas for the furniture in the room. A scale of 1 inch equals 1 foot is convenient to use. Build your model on a piece of corregated cardboard and include the four walls for the room, indicating what kinds of displays you would have on the walls.
3. Using catalogs of laboratory furniture, make up an order for desks, benches, and cabinets that you would like to have in the room where you teach biology. Assume you want to accommodate 25 or 30 students and that they are to have both class work and laboratory work in the same room.
4. Assume you have a biology classroom that is complete in every respect except for one of the following. Indicate how you would overcome each particular deficiency.
   a. No compressed air.
   b. No gas jets.
   c. No electrical outlets at the laboratory tables.
   d. No large display cases.
   e. No preparation room.
   f. No storage cabinets in the room.
5. As a group project with several other students in your class, design and carry out one of the following projects. If it is possible, install your projects in the classroom where you meet.
   a. Design and paint a wall-to-wall evolution chart on a long strip of paper.
   b. Arrange a group of painted plaster models to illustrate a particular biological theme.



   c. Build a giant DNA model that extends from floor to ceiling.
   d. Construct a plant jungle in the corner of your classroom. If it is impractical to bring in potted plants, make cardboard models of the plants.
   e. Make a large wire birdcage for the classroom.
   f. Compile an annotated list of suitable texts for the room library.
6. Design and construct one of the following:
   a. A wall chart that illustrates the relationship between animal phyla and geologic eras.
   b. A series of clay models to illustrate the evolution of the horse.
   c. A wall-mounted display of *Lepidoptera* common in your area.

   (For help in carrying out this project, consult Pond's book on the preparation of biological materials for display.)
7. Make a list of 20 plaster models that would be the most desirable to have in the classroom.
8. What other charts besides the wall-to-wall evolution chart would you consider valuable in teaching biology?
9. Take a field trip to find a small log or branch that has lichens, moss, and fungi on it. Work out a display using the material you find. Include appropriate labels in your display.
10. Work out a way of representing your classroom as a cell and devise ways to represent the organelles. Balloons and other three-dimensional structures can be used to show some of these.
11. Create a mobile, using cardboard and wire (from metal coat hangers), that represents biology. The mobile should be made so that it can hang from the ceiling of the classroom and move freely.
12. Write brief descriptions of some of the superior teachers you have had and include ways they made their classroom seem more closely associated with the subject being taught.
13. Discuss practical ways in which you could remodel your present classroom.
14. Make a list of community resources that could be used as you begin the task of converting your room into a more meaningful place to teach biology.
15. Work out a set of instructions for keeping the following items the year around in your classroom:
   a. An ant farm.
   b. A demonstration beehive.
   c. Living snakes.
   d. Tropical fish.
   e. Tropical birds.
   f. Exotic plants.
16. List 5 items or techniques you plan to use to influence your students to "see, hear, and feel biology."
17. Interview an architect, using a tape recorder, to gather information on designing a biology classroom and laboratory.
18. Visit several schools in your area and take snapshots of the biology classrooms. Have the pictures enlarged and then make a key for each one, indicating the good and the undesirable features of each room.
19. Create a before and after pair of cartoons that depicts the change in biology classrooms over the past 50-year period.

EXPANDING THE CHAPTER

DAWSON, JAMES R. 1964. The Impact of New Curricula on Facilities for Biology. *The American Biology Teacher* 26(8):601–4. In this article the efficient use of space in the laboratory and the influence of BSCS on present biology teaching are discussed.

HEISS, E. D., OBOURN, E. S., and HOFFMAN, C. W. 1950. *Modern Science Teaching*. The Macmillan Co., New York. Some excellent floor plans in Chapter 11 of this book are helpful in remodeling or designing a biology classroom.

KEEFE, REV. ANSELUM M. 1965. Plants for a Window Garden. *The American Biology Teacher* 27(2):118–23. The article contains a list of plants that can be grown in any room with windows.

POND, GORDON G. 1964. *Science Materials: Preparation and Exhibition for the Classroom.* Wm. C. Brown Publishing Co., Dubuque, Iowa. A well-illustrated manual with detailed instructions on making charts, printing signs, arranging displays, and making effective use of space, color, and materials in displaying things of science.

WONG, HARRY K. 1964. Modernizing a Science Laboratory. *The Science Teacher* 31(6):39–41. One of the first articles that should be read by anyone contemplating designing a biology classroom.

Plan d'un centre scientifique

D.H. Harding, R.P. Volker et D.L. Fagle

(Résumé)

Une salle de Sciences Naturelles doit être adaptée à son objectif et être différente d'une salle d'anglais ou de mathématiques. Ce doit être une salle de travail où les étudiants puissent avoir des contacts directs avec le "matériel" scientifique. Ils doivent pouvoir y travailler en petits groupes ou même individuellement.

L'auteur décrit la construction et l'aménagement d'une telle salle : eau courante, gaz, air comprimé, tableaux, etc.

Il suggère également certaines installations et décorations permettant de rendre un cours plus vivant : tableau de l'évolution, construction de modèles, réalisation de cages, serres et aquariums, en vue d'étudier la vie de plantes et d'animaux.

Il envisage ensuite quelques équipements, pas uniquement scientifiques, qui puissent faciliter la tâche de l'enseignant : diapositives, magnétophones, tableaux de feutre et autre matériel audio-visuel.

Il faut surtout faire participer l'étudiant à la bonne marche de la classe afin qu'il puisse y jouer un rôle véritable. Il est nécessaire que le professeur fasse preuve d'imagination. Il doit être une sorte d'artiste en son genre. Sa tâche essentielle est la motivation des étudiants. Il doit avant tout mettre au point un enseignement qui soit vivant.

Plan de un centro científico

D.H. Harding, R.P. Volker et D.L. Fagle

(Resumen)

Un aula de ciencias naturales debe ser adaptada a su objetivo y diferente de un aula de inglés o matemáticas. Debe ser un aula de trabajo donde los estudiantes puedan entrar en relaciones directas con el "material científico". Allí tienen que poder trabajar en pequeños grupos e incluso individualmente.

El autor describe la construcción y la instalación de dicha aula : agua corriente, gas, aire comprimido, pizarras, etc.

Sugiere tambien ciertas instalaciones y decoraciones que permitirían hacer que la clase resulte más animada : cuadro de la evolución, construcción de modelos, realización de jaulas, invernáculos y acuarios, con el objeto de estudiar la vida de las plantas y los animales.

Piensa luego en algunos équipos no sólo científicos que puedan facilitar el trabajo de enseñanza : diapositivas, magnetófonos, pizarra de fieltro, y demás materiales audiovisuales.

Sobretodo el estudiante ha de participar al buen desarrollo de la clase para poder desempeñar en ella su verdadero papel. Es necesario que el profesor dé pruebas de imaginación. Ha de ser un artista a su manera. Su cometido esencial es la motivación de los alumnos. Ante todo ha de elaborar una enseñanza que resulte viva.

Reprinted from *Journal of biological education*, vol. 3, no. 4, 1969, p. 299-309

The Preparation of Graduate Biologists for Teaching

A. J. JENNINGS
University of London Institute of Education

1. Introduction

At the present time, most graduate science teachers begin their study of education by taking a one-year postgraduate course, while a still significant proportion of approximately 30% begin to teach after graduation without any further training. It is encouraging to observe the new developments in teacher education (Perrot, 1967; Barnes, 1967) and these innovations are to be welcomed. Meanwhile the number of graduates who follow a postgraduate education course is rising (Statistics of Education, 1966) and it is important that the education and training available for these teachers should also be revised as educational thought and practice develop.

In this paper, aspects of the one-year course are examined in the light of changes in the structure of our school system and trends in curriculum development. Whilst observations are based primarily on first-hand experiences at the University of London Institute of Education, the problems discussed are common to many University Department and College of Education postgraduate courses. It will be suggested that courses are being changed to meet new situations but that changes are also necessary in graduate biology courses and in schools, where moves to help assimilate new teachers are necessary. The one-year course builds on the scientific education the student has already received and is only an *initial* course in education, to be matured by experience and nourished by further study and in-service training.

2. Recruitment of Biology Graduates

Over 200 graduates in biological science are now commencing the postgraduate education course each autumn (Statistics of Education, 1966) but biologists will be quick to recognize the diversity of areas of study embraced in the term "biological science". A decade ago, most graduates preparing to teach biology specialized in zoology and/or botany and often included some chemistry in their studies. Today the situation is more complex. Available figures show the significant number of graduates entering teaching with degrees in biochemistry and with combinations of physical and biological science (Statistics of Education, 1966). Examination of the qualifications of students in the biology department of the London Institute of Education further emphasizes the diversity of biological graduate studies, while discussion with students exposes the differences in courses labelled zoology at two universities. Yet it is also worth noting how limited were the range of A-level subjects studied by these students.

TABLE I

Distribution of subjects studied at degree and A-level by 54 students taking the Postgraduate Certificate in Education at the University of London Institute of Education during 1967-8 and 1968-9

	Degree course		
Subject	Main study	Subsidiary courses	A-levels
Biology	3	—	16
Zoology	20	10	36
Botany	18	21	25
Physiology	5	—	—
Nutrition	3	—	—
Biochemistry	3	—	—
Microbiology	1	—	—
Agriculture	1	—	—
Chemistry	—	32	38
Physics	—	8	15
Geology	—	4	—
Psychology	—	5	—
Mathematics	—	2	4
Other subjects	—	—	13
Total	54	82	147

Three points deserve consideration consequent upon the scientific education received by students commencing the postgraduate year, because they need to have a bearing on the content of the course.

First, there is a real potential for mutual biological enrichment when there is such a range of specialists assembled within one department. There is a heterogeneity, both in the knowledge assimilated and in methods of study, which have been gained during the preceding three years. Discussion and small group activities will encourage this reciprocal education.

Second, it needs to be recognized that few newly-qualified graduates are sufficiently competent over the spectrum of biological knowledge (Ramage, 1967). The selective specialism of degree courses is in sharp contrast to the broad, but often detailed, requirements of the biology teacher in school.

Third, as has been pointed out frequently in the Editorial of this journal and by the Biological Education Committee (Royal Society, Institute of Biology Committee on Biological Education, 1966), degree courses are directed essentially towards the needs of research workers. Even so, too many graduates still complete their biological studies without gaining experience of biology as an investigational activity. Bibby (OECD, 1964) states the essentials of biological education necessary for intending teachers, and stresses that courses should aim to produce biologists rather than to inculcate the facts of biology. Furthermore he urges that much greater emphasis be given to the study of man in biology courses at all levels.

Students commencing the postgraduate year approach the task with very different motives. A small minority are excellent biologists with a strong vocational sense, and there is a trickle of mature students, who have been disappointed with experience in industry and who seek greater fulfilment in teaching. There are even a few who have taught for a number of years and who wish to become better educators by further study. A variable proportion of students start the course with a sense of disappointment because their aspirations to carry out research have not materialized, while a sizeable proportion, especially women graduates, see good utilitarian reasons for making teaching their career. Disillusionment with biology at university is often voiced and there is now a desire "to work with people". Legitimately, many students approach the course with the intention of discovering if they have the ability to teach successfully. This superficial summary of student motivation is given because teachers supervizing students on teaching practice often express surprise that the student is not fired with vocational enthusiasm.

A note of caution is necessary here, for the highly-qualified scientist eager to teach is not necessarily a better teacher than the person who finds himself teaching almost by chance. In discussing the qualities necessary for a science teacher, Bibby (1959) emphasizes that he must be "a good scientist and a good teacher". Only the person with considerable scientific understanding and aptitude can sustain teaching which presents the subject as an exciting, investigational science. To succeed in the classroom the potential teacher also has to be able to engage in meaningful exchange of ideas and information with the pupils, for unless the pupils are brought to the point that they want to know, to find out, the scientific enquiry does not begin to kindle enthusiasm.

3. The Changing Teaching Situation

Very rapidly the number of grammar schools is declining, and biology graduates increasingly find themselves with responsibilities for the teaching of biology to the whole ability range in a comprehensive school. The biology graduate of the past, reared on the traditional O- and A-level diet, found it relatively easy, after a spell at university, to return to school and continue the pattern, teaching as he had been taught and preparing the next generation for the same examinations. Few new teachers now find such sheltered positions. Many schools in which the new graduate is required to teach are very different from those in which he grew up even though he probably left school only four years earlier. Apart from the movement towards comprehensive schools and complex changes in social attitude which are affecting life in school, several specific areas of change affect his science teaching.

The Nuffield science courses are founded primarily upon the good teaching principles which the better science teachers were already practising. The development teams have been able to distil much of the best in science teaching, to incorporate ideas from other countries, and with the financial backing available, have sponsored new apparatus which makes it possible to introduce new aspects of science into the curriculum. The concentration of so much good material imposes heavy demands on the teacher. This is especially felt by the new entrant to the profession, who not only has to learn to use new materials, but very often has to teach biology in a way different from the way in which he has learned himself. It is to be expected that this latter difficulty will ease in a few years but is dependent to some extent on changes in teaching at university level.

The introduction of the C.S.E. examination presents a second challenge. Now the teacher has the opportunity to share in devising a biology course tailor-made for the pupils in a particular locality or school. No longer can the teacher shelter behind "the examination" and blame all the faults of the course on "the examiners". The teacher who is unable or unwilling to re-think both content and approach to his subject with particular pupils and the local factors in mind is now exposed. Whilst examination of C.S.E. syllabuses reveals the dependence of many biology teachers on the traditional syllabuses, it is equally salutary to try to devise for oneself the kind of biology course which might be thought to be suitable for the "average" child in a secondary school, bearing in mind that this pupil is unlikely to make any further formal study of biology.

A significant proportion of pupils in the comprehensive school will not sit C.S.E. or G.C.E. Is any study of biology desirable for these children? Is it desirable or possible to try to enable these pupils to think scientifically? The OECD seminar on the reform of biology teaching (OECD, 1962) made a unanimous recommendation that all secondary school pupils should receive up-to-date biological education within the context of a natural science curriculum. Biologists will be inclined to agree with the report in the important claims which it makes for biology in the curriculum, but there are few teachers who would pretend to have made sufficient progress towards achieving these goals with the less able pupils.

As the intake of students to the sixth form becomes increasingly comprehensive, so the proportion of students who will not be studying A-levels will grow and a new challenge emerges. What kind of biology courses should be devised for the 16+ student who is not contemplating entry to university or a further qualification in biology?

Biologists observing the changes in our educational system might well believe that gradual evolution is to be preferred to rapid change, but society has brought about rapid change. The Nuffield O- and A-level biology courses designed with the very able pupils in mind have been overtaken by events. In comprehensive schools it is often felt undesirable to select those who might be able to benefit by the full five-year O-level course, while the entire structure of sixth-form courses and examinations is the continued subject of urgent debate (Schools Council Working Papers, Nos 5, 16, 20; Dainton, 1968).

The new schools which are emerging require biology graduates who are both scientists and educators. Biology teachers will be required to examine the biological curriculum and to ask the question: "What can biological studies contribute to the *development* of these children?" Answers need to be formulated which are recognized as scientific hypotheses, to be explored, tested and continually revised. Such will be the diversity of the children's abilities that the teacher will need to be much more than a narrow specialist. He must be competent to range from the role of mitochondria in cell respiration to conservation of man's environment, from the replication of DNA to participation in courses of sex education, from a study of effect of light on plant growth to practical aspects of plant propagation and animal husbandry. For the benefit of many of his pupils he will often need to break away from his technical, scientific language without forsaking scientific integrity. Thus there are substantial grounds for arguing that increasing intellectual demands are being made upon the science teacher.

4. The One-year Course

It will be apparent that the aims of the course must be directed towards producing teachers who can educate through the medium of their subject as distinct from teaching the facts of the subject. The trained biology teacher should be capable of bringing about an effective encounter between the pupil and relevant aspects of biology, but to achieve this successfully he has to be sensitive to the ingredients of the encounter.

First he needs to understand the nature of biology. So often the biology graduate has failed "to see the wood for the trees" and needs to consider philosophical questions about the nature of science and its methods, to analyze the special qualities of biological investigation consequent upon the nature of the raw material and to identify the unifying themes which form the foundations of biology. Since biology is a subject with a circular rather than a hierarchical structure, the teacher is presented with many options about the way in which he may teach a topic, but some of these options may be eliminated if the teacher has developed a second area of awareness. An appreciation of the nature of the pupil and his level of physical, intellectual and social development will guide the teacher when seeking a relevant approach to motivate the pupil.

In the education year, studies of philosophy, psychology and sociology are important and significant to the student if they succeed in helping him towards a greater understanding of himself, his subject and his pupils so that in the classroom and laboratory these aspects may effectively interact. The education course components of philosophy, psychology and sociology are worthy of the label "foundation subjects" if this integration occurs, and herein lies a key problem for those engaged in teacher education. After a prolonged, intensive study of a narrow field, the newly-qualified graduate is ready to explore new areas of knowledge, but often finds introductory studies too superficial to provide inner satisfaction. It is not the aim to produce amateur sociologists or pseudo-psychologists, but teachers who can identify, in an educational situation, the nature of the questions that need examination and to turn to the appropriate field for evidence.

In conjunction with these foundation studies the biology tutor is concerned with the development of the student, who in the teaching practice situation, initiates the pupils' encounter with the biological material. Tutors recognize the individuality of students and the need to encourage each useful personal quality which shows up in the classroom. Therefore, to some extent, the method course has to be modified annually to meet the specific needs of the student group, but is always directed towards preparing students to grow into teachers whose function will be catalytic in providing the optimum situation for the pupil to react with the biological world.

In practice I have found that the following ingredients need to be included. There are aspects to do with the students' biological knowledge. Consideration of the nature of biology, to which reference has already been made, is a prelude to methodology, and whilst recognizing that it is not the function of the education department to teach students biology, there is need to extend their basic biological understanding in areas neglected during the degree course. This need to learn a little more biology can be put to good use, for the student can be given experience of learning through an inquiring, open-ended approach. At least one extended investigation of a biological topic suitable for application in school may be required of each student, preferably in a field in which the student has little previous knowledge. Thus he experiences as the "pupil", methods which he will be expected to try out in school. Further, these experiences in the learning situation provide raw material for discussion of learning processes.

Many students also need training in basic manual skills. Much practical work in graduate courses is elaborately prepared by technicians but the teacher often has to do his own preparation or train his own technician to do the work. An inexperienced teacher who is uncertain about his ability to manipulate apparatus under the gaze of thirty pairs of critical eyes is likely to lack the confidence and authority to teach well. Especially to meet the needs of Nuffield type courses, the training year should allow generous laboratory time for students to develop skill in all laboratory procedures, for the teacher who aspires to use Drosophila to explore genetics must first be satisfied that he can keep the cultures alive.

The increasing variety of teaching aids provides many avenues of presentation to the teacher, but this again means that there are more skills to learn. The trainee needs ample time to come to terms with all the educational technology. Competence in operation is a preliminary to understanding and utilizing the potentialities of each piece of gadgetry now found in the classroom.

So far the aspects of the method course mentioned seek to equip the student with skills essential to his teaching role, and to some extent are concurrent with the major task, which concerns the teaching of biology and the content of biology in the school curriculum. The student has to think in depth of the ways in which he, the teacher, is to bring about exchange between himself, the pupils and specific topics in biology. Students differ enormously in their ability to devise learning situations and to parcel them out to meet the intransigence of the school timetable. Here the method course and teaching practice need to be unified. Personal but complementary assistance by tutor and supervising school teacher are necessary to help the student. As his confidence and classroom management skill grow, so he becomes more aware of the individuality of his pupils, which in turn reveals their reactions to the biological material. This feedback element also deserves attention.

The student teacher has to learn to evaluate his pupils' progress. Wise testing by the teacher may suggest that the biological concepts are not appropriate to pupils of this stage of development and it is important for the teacher to be able to recognize this situation and to adapt his course accordingly. Especially as more internal examining becomes the prerogative of the school as in the C.S.E., so the importance of the teacher's skill in examination and evaluation techniques increases.

Now that educators have become curriculum-development conscious, a teacher needs to be able to make a valid assessment of the materials he is offered. Innovators have an essential role in educational development, but there are dangers of new orthodoxies. Teachers need to preserve their freedom to select and reject, but this freedom should not be exercised on the basis of whim and prejudice but by scientific appraisal in their own classrooms. It should not be difficult to train biology teachers to apply the principle of a controlled experiment to their own teaching activities.

5. The Student—Teacher Situation

The importance of the period spent in school on teaching practice has already been emphasized. While many teachers say that school practice experiences were the most valuable part of their training, several aspects of teaching practice are regularly criticized, both by students and by teachers receiving students. A variety of schemes has been devised to try to make the best use of teaching practice, but inevitably the arrangement is a compromise and the variety of schemes operated is testimony to the nature of the problem.

Schools much prefer the students to be in school for one complete term, but this is not acceptable to several education departments, including the London Institute of Education, primarily on the grounds that it does not facilitate integration of theory and practice. Alternatives are for students to spend a period of several weeks in school in at least two terms or to attend school for some days each week. At London we are changing to a block of teaching practice in only the first and second terms, but shall still require our students to attend the Institute for one day per week throughout teaching practice to maintain a live link between theory and practice.

At the present time, with grammar and secondary modern schools operating alongside comprehensive schools, it is desirable that students have experience in more than one type of school. In fact this is not readily possible, at least in the London area, for whilst head teachers will agree to one student attending the school for a few weeks in two or three terms, many refuse to allow different students to appear in successive terms.

The rapid turnover of staff in schools creates problems for education departments. Student teachers too frequently encounter staff who are lacking in sympathy for the student's position. A teacher may anticipate the arrival of a young enthusiast bursting with ideas and be inwardly fearful of his own position. The teacher may have graduated over 20 years ago and have reached a compromise situation between keeping up-to-date with biology and participating in some time-consuming extra-curricular activity. Other teachers have developed well-worn habits and know precisely how they require a certain topic to be taught and the student with ideas is scarcely welcome or is expected to follow the teacher's routine.

The student's fears frequently exceed those of the teacher. The stable school environment remembered from childhood now seems totally different. Many pupils seem so mature and sophisticated whilst open hostility is occasionally encountered. The specialist knowledge of the degree course also often appears to have little relevance to the subject to be taught, and so the first task is to learn and understand the lesson material. The student teacher is very conscious that he is expected to know the subject matter and it is far from easy for a newly-fledged graduate to confess that he does not know.

The institute-based preparation that precedes teaching practice is usually very intensive in an attempt to help the student towards competence in practical skills, lesson construction and to provide a basic understanding of the ways in which children learn. Once in the classroom or laboratory the student must try to put theory into practice, but he is often consciously, or subconsciously, too preoccupied with his own problems as the person responsible for the class, and he may appear to the teacher to have been given no guidance at all about teaching before he arrived in the school. The student teacher in his first school practice may be plunged into a well-run Nuffield-style course, but the supervising teacher is sometimes disappointed and critical of the student's failure to sustain pace and interest in the work because he has forgotten that underlying his own success is the competent laboratory management which has become second nature to him but which the student has to learn through experience.

There is pressing need for increased co-operation between tutor and supervising teacher, and tutors in departments of education are actively seeking means of fostering this co-operation. Students need to be given an overall picture of the work done in the school department so that they appreciate where the lessons which they are to teach fit into the total scheme. Students should be made familiar with all the apparatus and teaching aids available and be given helpful but not restrictive terms of reference for their lessons. Teacher and tutor need to co-operate in giving encouragement and advice which will help the student to profit from experience.

Attempts are being made to effect greater involvement of practising teachers in the training process. Every supervising teacher has a considerable responsibility and in several postgraduate departments some or all of these teachers are being linked more closely with the college. Supervising teachers are invited to participate in seminars with college staff and to lead tutorials with students. At the London Institute of Education one biology teacher is linked with the department in this way for a two-year period and whilst supervising the teaching practice of one or two students in his own school may also visit students in a neighbouring school. This co-tutor may also receive groups of students in his school to observe lessons or to participate in special projects, whilst a lecturer may take part in the work of the school. This kind of close relationship between school and educational department clearly has mutual advantages and is worthy of further exploration.

In large comprehensive schools the number of students on teaching practice at one time is often approximately 20. In a few instances a suitably-experienced member of the school staff, who probably has links with the educational department, holds seminars with the students on general aspects of education within the school. This is one of the ways in which theory and practice may be effectively brought together.

6. Future Developments

There is no sign that the rapid changes occurring in education are about to slow down, and the professional training given to graduates must prepare them for change. Certain changes can be anticipated and the way prepared.

The leaven of the Nuffield courses is still active, but many pupils are not yet affected by its influence. It is insufficient, however, to train teachers in "Nuffield Science", for good science teachers will be disappointed if these courses are allowed to become fossilized. If science curriculum development is to be an ongoing activity, teachers will need to be more imaginative, experimental and ready to use the facilities of teachers' centres which are springing up.

Reference has already been made to possible changes in sixth-form examinations and the development of sixth-form colleges will present new opportunities and new challenges. Meanwhile middle schools for pupils between the ages of 9 and 13 are beginning to appear and biology teachers will be required to devise appropriate curricula.

Various schemes for interdisciplinary study are being explored in schools. The centrality of biology to so much of education makes it reasonable to assume that if this trend towards erosion of subject boundaries continues, then biology will figure prominently in environmental studies and many kinds of project work. The very term "interdisciplinary" suggests that the specialist should distil from his own discipline those aspects which make a worthy educational contribution to the study project. Also teachers under training need to be prepared for team teaching methods upon which interdisciplinary work usually depends.

7. Conclusions

The breadth of the areas of study and experience which have been mapped out as a desirable basis for biology teaching are such that the single academic year clearly provides too little time. Financial restrictions make it unlikely that the course be extended to two years and so it is important that the limitations of the single year are recognized. In departments of education there is no complacency and courses are frequently revised to try to remedy deficiencies and to meet the changing situation.

There is concern about the suitability of the scientific education which graduate biology courses provide for those who decide to teach. Also, as schools increase in size and participation in curriculum projects grows, schools need to intensify efforts to help new recruits to build on the foundation of their initial training. The probationary year may need to include more helpful supervision either through a local teachers' centre or, as co-tutorship schemes proliferate, by school staff who have links with the local college of education.

As scientific curriculum development proceeds and educational practices change it will become essential for all teachers to receive regular periods of in-service training. In helping teachers to keep abreast of new knowledge there are signs of a readiness in the university and polytechnic biology departments to help meet this need. Machinery already exists for providing further professional training, but improved co-ordination of all the available facilities for in-service courses is needed. Universities, colleges of education, local education authorities and the Department of Education and Science each have a significant role to play, but if courses are to be really worthwhile teachers must make their needs known. One of the great values of the local teachers' centre could be this crystallization of the further educational needs of teachers. Certainly it is to be hoped that the new entrant to teaching with his graduate qualification and certificate in education will not be permitted to teach for the next 30 years without the enrichment of encounter with further biological knowledge and new educational thinking.

References

Barnes, W. (1967). *J. biol. Educ.* **1**, 13.

Bibby, C. (1959). *Bull. Inst. Phys.* Sept.

Bibby, C. (1964). *Biology Today: Biology Teaching in Relation to Mankind.* Paris: OECD Publications.

Dainton (1968). *Enquiry into the Flow of Candidates in Science and Technology into Higher Education.* London: HMSO.

OECD (1962). *New Thinking in School Biology.* Paris: OECD Publications.

Perrot, E. J. (1967). *J. biol. Educ.* **1**, 283,

Ramage, H. P. (1967). *J. biol. Educ.* **1**, 117.

Royal Society—Institute of Biology. Biological Education Committee (1966). *Biological Sciences in Sixth Forms and at Universities in the United Kingdom.* London: Institute of Biology.

Statistics of Education (1966). Vol. IV (1968). London: HMSO.

The Schools Council (1966). *Sixth-form Curriculum and Examinations* (Working Paper No. 5). London: HMSO.

The Schools Council (1957). *Some Further Proposals for Sixth-form Work* (Working Paper No. 16). London:HMSO.

The Schools Council (1968). *Sixth-form Examining Methods.* (Working Paper No. 20). London: HMSO.

Formation pédagogique des professeurs de Sciences naturelles

A.J. Jennings

(Résumé)

A leur sortie de l'université, la plupart des jeunes professeurs de sciences s'initient, un an durant, à leur tâche nouvelle d'enseignants. La formation qu'ils reçoivent au sein d'instituts pédagogiques ne constitue pour eux qu'une base destinée à être ultérieurement complétée par leur expérience propre.

En ce qui concerne le recrutement de ces stagiaires, il faut noter en premier lieu l'hétérogénéité de leur savoir et la diversité de leurs spécialisations. En revanche, peu d'entre ces étudiants ont une connaissance exhaustive de l'ensemble du domaine biologique. Par ailleurs, bon nombre d'entre eux ont achevé leurs études universitaires sans pour autant avoir acquis une expérience valable de la biologie considérée comme activité de recherche. Quelles que soient les motivations de chacun, ces jeunes professeurs devront non seulement faire état de connaissances solides, mais aussi manifester les qualités pédagogiques indispensables à l'animation des classes dont ils auront la charge.

Le stage a pour but de former des éducateurs capables d'abord d'enseigner un certain nombre de faits biologiques, mais surtout de savoir apprécier la nature de leurs élèves, leur niveau de développement physique, intellectuel et social, ceci afin d'être à même de leur fournir des motivations justifiées, et de parvenir ainsi à une bonne compréhension d'eux-mêmes, de leur sujet et de leurs élèves.

C'est la tâche de leurs conseillers que de s'efforcer de leur côté de reconnaître l'individualité des étudiants qui leur sont confiés, et d'encourager leurs qualités propres.

Outre un complément d'informations biologiques de base, les stagiaires reçoivent un entraînement aux techniques manuelles de laboratoire ; ils apprennent, avec l'aide de leurs conseillers, à programmer leur enseignement et à le répartir en fonction de l'intransigeance des emplois du temps ; ils s'initient aux techniques de contrôle, afin de pouvoir justement évaluer les progrès de leurs élèves et de modifier leur enseignement en conséquence. Enfin, ils apprennent à appliquer à leur propre activité d'enseignants les principes mêmes de l'expérimentation contrôlée.

Au cours de leur année de stage post-universitaire, les élèves-professeurs sont chargés d'enseigner dans des classes du secondaire.

Ils ont ainsi la possibilité de discuter avec les professeurs qui les reçoivent différents aspects de la technique. A noter que ceux-ci n' ont pas toujours à cœur de venir en aide à leurs stagiaires. D'où la nécessité d'une prise de contact entre conseillers des instituts et professeurs des lycées, d'une coopération entre eux, afin d'aider l'élève-professeur à passer en toute confiance de la théorie à la pratique. Mais les modalités d'organisation de ces stages pratiques dans les établissements du secondaire pâtissent souvent des impératifs locaux.

Formación pedagógica de profesores de Ciencias Naturales

A.J. Jennings

(Resumen)

Terminados los estudios a la Universidad, la mayoría de los jóvenes profesores de ciencias se inician durante un año en su nuevo tareo de profesores. La formación que reciben dentro de institutos pedagógicos sólo es para ellos una base destinada a ser completada posteriormente por la propia experiencia.

En lo referente al contratamiento de los cursillistas es de notar primero lo heterogéneo de su saber y la variedad de su especialización. En cambio, entre dichos estudiantes pocos tienen un conocimiento exhaustivo del conjunto del plano biológico. Por otra parte, muchos de ellos han concluído los estudios universitarios sin que hayan por ello adquirido una experiencia aceptable de la biología considerada como actividad de investigación. Cualesquiera que sean las motivaciones de cada uno, dichos jóvenes profesores no sólo tendrán que dar pruebas de sólidos conocimientos sino también muestras de las cualidades pedagógicas indispensables para que las clases que les tocarán enseñar resulten animadas.

El cursillo de capacitación tiene por finalidad ; formar educadores que, primero, puedan enseñar unos cuantos hechos biológicos y, segundo, sepan apreciar sobretodo la naturaleza de sus alumnos, el nivel de desarrollo físico, intelectual y social ; eso para que puedan darles motivaciones justificadas y llegar así a una buena comprensión de ellos mismos, del sujeto y de los alumnos.

Por otro lado, reconocer la individualidad de los estudiantes y estimular sus cualidades propias es la finalidad de los asesores.

Además de un complemento de informaciones biológicas de base, los cursillistas reciben una preparación a las técnicas manuales de laboratorio. Con ayuda de sus asesores, aprenden a programar su enseñanza y a repartirla en función de la intransigencia de los horarios; se inician en las técnicas de comprobación para poder estimar acertadamente los adelantos de sus alumnos y modificar su enseñanza en consecuencia. Por fin, aprender a aplicar a su propia actividad de profesores los principios mismos de la experimentación controlada.

Durante el año de capacitación postuniversitaria, a los alumnos profesores les corresponde enseñar en clases de enseñanza segundaria. Así, con los profesores que los reciben, pueden discutir de distintos aspectos de la técnica. Es de notar que dichos profesores no tienen siempre empeño en ayudar a los cursillistas. De allí la necesidad tomar de contacto entre ellos para ayudar el alumno-profesor a pasar de la teoría a la práctica con toda confianza. Pero las modalidades de organización de estos cursillos de capacitación en los establecimientos de segunda enseñanza sufren a menudo de las condiciones locales.

2

Individual disciplines

2

Disciplines particulières

S.C.E.R.T., West Bengal
Library
Calcutta
25/3, B. C. Road

Reprinted from *The neurosciences. A study program*, 1967, p. 200-205

Antibodies and Learning: Selection versus Instruction

NIELS KAJ JERNE

UNTIL LESS THAN ten years ago, there was an almost unanimous consensus among immunologists that antibody formation was equivalent to a learning process in which the antigen played an instructive role. The main basis for this belief was that the number of different antibody specificities, or the number of different antibody molecules that one animal can produce, is so large that it would be impossible for a cell nucleus to accommodate genes for this entire range of potentialities for protein synthesis. The number of different antigens is immense. Every species of animal, for example, must have several species-specific antigens. Against any one of these millions of antigens the immune system of one individual animal can produce a specific antibody. Therefore, the argument went, the number of different antibodies that an animal can produce must be virtually unlimited. Furthermore, the work of Landsteiner and his school[1] had shown that an animal produces antibodies even against artificially synthesized substances (haptens) that were made in a chemical laboratory and had never before existed in the world. The immune system of an animal could not possibly have anticipated the arrival of such antigens and must therefore have been "instructed" by the antigen itself in the formation of antibody. The instructive mechanism proposed was that the antigen, after having entered a competent cell, guides the tertiary folding of polypeptide chains into globulin molecules, thereby imposing upon those molecules a conformation complementary to a surface region on the antigen.[2-5]

Instruction versus selection in antibody formation

In contrast to this view, a selection mechanism was proposed, based on a logical argument concerning "recognition." The precision of recognition by the immune system can be illustrated by examining the antigenic properties of the "constant" part of the kappa light chain of human immunoglobulin. This constant portion comprises 107 amino acids (numbered 108 to 214) at the carboxyl end of the light chain, which have been found to be identical in sequence in all individual cases so far examined, except for amino acid number 191. In some individuals, this is valine; in others it is leucine. This difference is known as an allotypic difference. Those individuals that have valine at the 191 position belong to allotype Inv b+, whereas those that have leucine at this position belong to allotype Inv a+. This allotypic difference was detected by im-

---

NIELS KAJ JERNE Paul Ehrlich Institute, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, West Germany

munological methods involving the formation of allotype specific antibodies.[6] The immune system is thus capable of recognizing the replacement of one amino acid within a long sequence of amino acids of a protein molecule. It is a characteristic feature of the immune system that an animal does not normally appear to produce antibodies against its own circulating antigens, which *do* elicit antibody formation when injected into a different animal. How does the animal recognize that an antigen arriving in its tissues is, in fact, an antigen against which antibody should be produced and not one of its own antigens to which no response is desired?

The immune system, then, must not let itself be stimulated to produce antibodies before having recognized that the antigen with which it is confronted differs from its own antigens. In order to recognize its own antigens, which differ among themselves in innumerable ways, the animal would have to possess a large set of self-recognizing molecules, and it would not be able to decide that a given antigen is its own betore this entire set had been applied—a scrutiny, moreover, that would have to be interminably repeated. It would theretore seem impossible for the animal to recognize its own antigens. The recognizing agent must recognize foreign antigens, and the obvious molecules to accomplish this task are antibody molecules.

It follows that an animal cannot be stimulated to make specific antibodies, unless it has already made antibodies of this specificity before the antigen arrives. It can thus be concluded that antibody formation is a selective process and that instructive theories of antibody formation are wrong.[7-10]

Many immunologists were not convinced by the logical argument presented above, and only because of direct experimental evidence, accumulated during the last three or four years, have instructive theories of antibody formation finally been abandoned. Antibody molecules have been shown to consist of two identical heavy polypeptide chains and two identical light polypeptide chains.[11] It has also been shown that these polypeptide chains are assembled on ribosomes[12] and that the specificity of an antibody molecule is determined by the primary structure of its polypeptide chains.[13,14] This leaves no room for instructive action by the antigen. Furthermore, it has been demonstrated that certain antibody-producing cells, which turn out more than 1000 antibody molecules per second, contain no antigen.[15] The experimental methods would have detected the antigen if more than ten molecules of antigen had been present per cell. At one ribosomic site, a light or heavy polypeptide chain cannot be synthesized in less than 15 seconds. Therefore more than 100,000 ribosomes in an antibody-producing cell must simultaneously be able to turn out specific chains in the absence of antigens.

Although it is thus clear that the antigen plays a selective and amplifying role, we do not yet know by what mechanism the selective stimulus is transmitted. All we know with certainty is that, one day and later after having injected an antigen into an animal, we can find, in its spleen or lymph nodes, cells that are both multiplying and producing specific antibody. The simplest assumption would seem to be that an animal contains, among its population of 10^9 to 10^{12} lymphocytes (depending on species and age), a very large number of subpopulations, each of which is capable of being stimulated by certain antigens to grow, divide, and produce antibody-secreting cells among their offspring (perhaps because on their surface the cells display the antibodies they can synthesize).

Cellular dynamics in immunology

This picture can be illustrated by experiments that make use of an agar plaque method for counting, in a cell suspension obtained from a mouse spleen, the number of cells secreting a certain antibody. A certain amount of such a suspension—say 10^6 mouse spleen cells, as well as 4×10^8 sheep red blood cells (SRC)—is added to 2 milliliters of fluid 0.7 per cent agar at 45° C. The mixture is immediately poured into a petri dish, where it solidifies into a layer less than 1 mm thick. Each spleen cell is now surrounded by many SRC in a fixed position in the agar layer. If a spleen cell, during incubation of the petri dish at 37° C, secretes antibody molecules directed against an antigen of the SRC surface, the molecules diffuse into the agar and become fixed to the SRC in the immediate surroundings. Red blood cells, to the surface of which an antibody has attached, are said to be sensitized. Such sensitized cells will lyse in the presence of a serum factor called complement. By flooding the petri dish with complement after one-hour incubation, the sensitized SRC will lyse and lose their hemoglobin. Thus, around each mouse spleen cell that secretes hemolytic antibodies against sheep red blood cells, a pale plaque, visible to the naked eye, appears. Microscopic observation reveals the antibody-producing lymphocyte, or plasma cell, in the precise center of each plaque.[16,17]

The spleen of an untreated eight-weeks-old inbred mouse contains about 80 plaque-forming cells (PFC) among a total of about 1.5×10^8 spleen cells. These 80 PFC produce antibody against sheep red blood cells, although the mice have never experienced sheep antigen.

As always in immunological observations, there is a great variation among individual animals. The normal level of 80 PFC is an average. Among a group of 50 apparently identical mice, the normal level could range from, say, 10 to 500 PFC.

We now give each of a few hundred mice one injection of 4 × 10^7 SRC into a tail vein. Every day we sacrifice 20 mice and determine the total number of plaque-forming cells in each spleen. Twenty-four hours after the antigen injection, the number of PFC starts to rise above the normal level, proceeding exponentially to reach an average of 10^5 PFC per spleen at four days, after which there is a rapid decline.

The following two observations appear to support the assumption that the exponential rise in PFC between day one and day four reflects cell multiplication.

If, on day two, an animal is given one microgram of colcimid per gram body weight and is killed three hours later, about 20 per cent of the PFC in its spleen is found to have been arrested in metaphase of mitosis. If, on day three, the spleen cells are suspended for 30 minutes in vitro in a medium containing tritiated thymidine, about 55 per cent of the PFC can be shown by autoradiography to have synthesized DNA, whereas the remainder have not.

The rate of appearance of PFC after an intravenous dose of 4 × 10^7 SRC corresponds to a cell-doubling time of seven hours. Although smaller doses of SRC evoke smaller responses, it is not possible to obtain a larger response than that elicited by 4 × 10^7 SRC, even if the dose is increased to 4 × 10^8 or 4 × 10^9 SRC. Each dose within this hundredfold range produces the same maximum response, indicating that all cells capable of being stimulated by sheep red blood cell antigen are maximally engaged.

The experiments described above can be repeated with similar results if rabbit red blood cells are used as antigen. The antibodies produced by mice against SRC and rabbit red blood cells do not cross-react. Also, the PFC that arise after a mouse has been injected with SRC do not form plaques in agar with rabbit red blood cells, and vice versa. Furthermore, the following experiment shows that the class of cells in the mouse spleen initially stimulated by an SRC injection is different from the class of cells initially stimulated by a rabbit red blood cell injection. The number of PFC against rabbit red blood cells appearing after a single injection of 10^6 rabbit red blood cells is the same, whether or not 10^8 SRC are injected simultaneously. The two types of antigen clearly do not compete for the same target.[18]

In summing up, we can conclude that the mouse spleen possesses, among its more than 10^8 cells, small classes of cells that can be stimulated to grow and divide by particular antigens, and that antibody-secreting cells arise from these subclasses by cellular proliferation.

We can now try to estimate the number of cells in a mouse spleen that belong to the class that can respond to SRC antigen. We have reasons to believe that these cells are not the PFC that form the normal level in nonstimulated animals. First, the normal level PFC are mostly plasma cells, whereas the cells that respond to a primary antigen stimulus are probably small lymphocytes. Second, the magnitude of the response of individual mice appears unrelated to their normal level of PFC. We therefore do not believe that the normal PFC belong to the class of cells that can respond to a primary stimulus of SRC antigen, nor that they become the ancestors of the PFC arising after a stimulus.

The exponential curve describing the appearance of PFC extrapolates below the normal level of PFC at less than 24 hours after the sheep red blood cell stimulus, suggesting that the average size of the class of responding cells might be less than 80. Other experiments appear to leave little doubt, however, that the size of the class of initially responding cells is of the order of several thousand. These experiments involve (1) the exponential decay of this class of cells after increasing exposure of nonstimulated mice to X-radiation, and (2) the transfer of a small fraction of the cells from a normal mouse spleen to the spleen of a mouse that has been rendered immunologically incompetent by X-irradiation.[19-21] Thus, only a small fraction of the immediate descendants of the initially responding cells are PFC, i.e., secrete an antibody that can cause lysis of sheep red blood cells.

The initially responding cells and most of their immediate descendants might then display or secrete antibodies of a degree of specificity that enables the antigen to stimulate these cells to divide, but which is not serologically recognizable. This might also explain the finding that certain serologically unrelated antigens, such as different *Salmonella flagellar* antigens[22] and different protein subunits of lactodehydrogenase,[23] can induce immunological tolerance with respect to each other. In both of these cases, tolerance may be due to the removal of a class of initially responsive cells that display cross-specific antibodies not detected by serological methods.

The picture that emerges for the initial stages of antibody formation is that the antigen first selects a class of initially responding cells. These are stimulated to differentiate and to divide. For each division they may require a new antigenic stimulus. All daughter cells do not necessarily produce the same antibody, and the antigen preferentially stimulates those descendant cells that produce the antibody best fitting the antigen.

This brings me to another relevant immunological phenomenon, the increase in "avidity" of the antibodies produced during the time following an antigenic stimulus. In the early days of immunology, the term avidity was introduced to express the degree of firmness of the bond formed between serum antibody and antigen in vitro. If the antigen dissociated easily from the antigen–antibody complex on dilution, the antibody was said to be of low avidity. Avidity is thus a measure of the goodness of fit of antibody toward the antigen. It was shown that the antibody present in animal serum is a heterogeneous population of molecules varying widely in avidity, and that the average avidity of the antibody present in an animal increases after repeated antigenic stimulation, or even with time after a single primary stimulus.[24,25]

Recent studies have confirmed that antibody molecules produced by one animal shortly after a single primary antigenic stimulus have a lower average association constant with respect to the antigen than later, and that this applies to a single class of antibody (IgG) with respect to a single antigenic determinant.[26]

This indicates that a further selection of cells producing better-fitting antibody takes place among the descendants of the cells first stimulated after the initial antigenic stimulus. Avidity does not increase as quickly after a large dose of antigen as after a small dose. As might be expected, a large dose of antigen is less selective, and in extrapolation we might relate tolerance following excessive doses of antigen to the absence of progressive selection. The immunological tolerance observed after repeated minimal doses of antigen might be caused by stimulation of the entire class of available responding cells, followed by a decay of their descendants because of the absence of antigen needed for further stimulation.

The assumption underlying the above discussion, that the descendants of the initially stimulated cells require further antigenic stimulation in order to continue to multiply, is supported by the finding that the exponential rate at which PFC appear in the spleens of mice after one intravenous injection of SRC decreases with decreasing antigen doses. Thus the doubling times of PFC per spleen after one dose of 4×10^7, 4×10^6, 4×10^5, and 4×10^4 SRC are 7, 9, 21, and 36 hours, respectively. The simplest explanation of this remarkable fact is that the cells require, and must therefore wait for, a new antigenic stimulus for each division.

In the picture developed above, a continuing selective role has thus been assigned to the antigen. Among the general population of antigen-responsive cells, a particular antigen first selects the small class of cells that can respond to the primary presence of that antigen. These cells are stimulated to grow and divide. A secondary selection by the antigen then takes place among the differentiating descendants of these cells, resulting in the production of increasingly better-fitting antibodies.

Instruction versus selection in learning

In accordance with this general picture of the selective role of antigen in antibody formation, the view that antigen acts instructively at the intracellular level has been abandoned. It may be useful, therefore, to examine in a broader biological context whether there exist situations in which instructive mechanisms operate or to which the term "instruction" is applicable. It would seem that an answer to this question requires a specification of the organizational level at which a process is described. Thus, although the mechanism by which an antigen brings about antibody formation in the tissues of a mouse must be purely selective, the antigen does not select a mouse. When viewing the situation at the level of the entire mouse, we may still say that the antigen "instructs" the animal to produce an adequate antibody.

Similar reasoning can be applied to examples from other areas of biology. For instance, in the case of the selection by streptomycin of streptomycin-resistant mutants among a population of bacteria, it is clear that the streptomycin molecules did not cause these mutants to arise. They were already present before the streptomycin arrived; no instructive role can therefore be assigned to streptomycin. On the level of the entire bacterial culture, however, we may still say that streptomycin instructs the transition to streptomycin resistance.

Let us consider a more complicated example of Darwinian selection. A large population of brown moths spend a major part of their time sitting on a factory wall of the same color. These moths are the prey of certain birds. Now the wall is repainted white. One or two years later we observe that the moths sitting on the wall are likewise white. In this case, the signal that entered into the system, i.e., the color change, was not even received by the moths, but by the birds. The mechanism by which the color change in the moths came about was obviously selective, in that moths of lighter color were already present among the original population before the signal arrived. Again we might say, however, on the level of the entire system, that the signal "instructed" the population of moths to mimic the color change.

A clear example of an instructive process would be the role of messenger RNA in protein synthesis. The messenger RNA molecules arriving in their ribosomal habitat do not select already existing protein molecules and may therefore be said, at the organizational level of protein, to play an instructive role. The messenger RNA does recognize and select, however, already available subunits, namely, species of amino acid-charged transfer RNA. At this lower level, therefore, the process is a selective one.

I will finally turn to the question of the analogies between the immune system and the central nervous system.

Both systems have a history that develops during the lifetime of the individual. Each antigen that makes its appearance irreversibly changes the immune system. In the same way, the state of the central nervous system reflects the experience of the individual.

The immune system appears to be learning by responding to antigens entering from the outside world. The central nervous system also appears to learn in response to sensory signals.

Like the central nervous system, the immune system appears to have a memory that enables it to benefit from previous experience. It produces more and better antibodies if the antigen enters a second time, or repeatedly.

The experience gathered by the immune system of an individual cannot be transferred to its progeny. As with the central nervous system, each newborn must start, so to speak, from scratch.

In the remaining, speculative part of this paper, I shall try to make the most of these analogies. Let us consider the kappa light chains of the antibodies of mice and man. Each of these light chains consists of a "constant" sequence of 107 amino acids and a "variable" sequence of 107 amino acids.

The constant part of human light chains is identical in all individuals and in all antibodies they produce. It differs, however, from the constant part of mouse light chains by some 40 amino acid substitutions that have obviously arisen by mutation during phylogeny. The variable part of human light chains, on the contrary, differs between different antibody molecules of one individual, and the differences are similar in nature to the differences between mouse and man in the constant part. This is reminiscent of the old saying that ontogeny mimics phylogeny: phylogenic differences between species in the constant part of the light chain are mimicked by the ontogenic plasticity of the variable part.[27-30]

Similarly, in the central nervous system, instincts are fixed in one species, but each individual (particularly man) has also a plasticity in learning capacity, which mimics the total of all phylogenically developed instincts of different species. In the immune system, the constant part of the light chain is obviously laid down in the DNA of the zygote, and it is equally clear that there is DNA in the zygote that represents the variable part of the light chain, although, ontogenically, this DNA may exhibit an immense plasticity.

In the central nervous system, instincts are also obviously encoded in the zygote, most probably in the DNA. But if DNA acts only through transcription into RNA and translation into protein, and if the phenotypic expression of instincts is based on particular arrangements of neuronal synapses, then DNA through RNA and protein must govern the synaptic network in the central nervous system.

Analogous to the utilization of the diversity of the variable part of the antibody light chain in the immune system, it would seem probable to me that, in the central nervous system, learning from experience is based on a diversity in certain parts of the DNA, or to plasticity of its translation into protein, which then controls the effective synaptic network underlying the learning process. I would, therefore, find it surprising if DNA were not involved in learning, and envisage that the production by a neuronal cell of certain proteins, which I might call "synaptobodies," would permit that cell to enhance or depress certain of its synapses, or to develop others.

Pursuing these analogies even further, we might now ask whether one can distinguish between instructive and selective theories of learning in the central nervous system. Looking back into the history of biology, it appears that wherever a phenomenon resembles learning, an instructive theory was first proposed to account for the underlying mechanisms. In every case, this was later replaced by a selective theory. Thus the species were thought to have developed by learning or by adaptation of individuals to the environment, until Darwin showed this to have been a selective process. Resistance of bacteria to antibacterial agents was thought to be acquired by adaptation, until Luria and Delbrück showed the mechanism to be a selective one.[31] Adaptive enzymes were shown by Monod and his school to be inducible enzymes arising through the selection of pre-existing genes.[32] Finally, antibody formation that was thought to be based on instruction by the antigen is now found to result from the selection of already existing patterns.

It thus remains to be asked if learning by the central nervous system might not also be a selective process; i.e., perhaps learning is not learning either.

Several philosophers, of course, have already addressed themselves this point. John Locke held that the brain was to be likened to white paper, void of all characters, on which experience paints with almost endless variety.[33] This represents an instructive theory of learning, equivalent to considering the cells of the immune system void of all characters, upon which antigens paint with almost endless variety.

Contrary to this, the Greek Sophists, including Socrates, held a selective theory of learning. Learning, they said, is clearly impossible. For either a certain idea is already present in the brain, and then we have no need of learning it, or the idea is not already present in the brain, and then we cannot learn it either, for even if it should happen to enter from outside, we could not recognize it. This argument is clearly analogous to the argument for a selective mechanism for antibody formation, in that the immune system could not recognize the antigen if the antibody were not already present. Socrates concluded that all learning consists of being reminded of what is pre-existing in the brain.[34]

Summary

In concluding this analysis, it would seem that selection refers to a mechanism in which the product under consideration is already present in the system prior to the arrival of the signal, and is thus recognized and amplified.

Each system that is capable of receiving a signal, however, is subject to instruction by this signal. Thus, at the level of an entire system, all such processes are instructive, whereas all instructive processes at a lower level imply selective mechanisms. In learning, and in all processes resembling learning, a discussion of instruction versus selection serves only to determine the organizational level of the elements upon which selective mechanisms operate.

During recent years the belief that antigen plays an instructive role in antibody formation by intracellular guidance of the formation of the tertiary structure of globulin molecules has been replaced by the idea that antibody formation is based on a selective process in which antigen selects pre-existing patterns and causes molecules representing these patterns to be produced at increased rates. The logical arguments for selection have been enforced by experimental evidence showing that the general mechanism of protein biosynthesis also applies to antibody production, that primary polypeptide structure determines antibody specificity, and that plasma cells can produce antibody in the absence of intracellular antigen. The antibody response appears to depend on multiplication of cells of the immune system. Attempts are being made to describe the cellular dynamics involved and to understand the nature of the antigenic stimulus.

The replacement of instructive by selective theories appears to be a general trend in the development of biology. A number of analogies are drawn between the central nervous system and the immune system, and the question is posed whether a selective mechanism may also underlie the learning process. An analysis of this question leads to the conclusion that the terms instruction and selection can apply to descriptions of the same process at different levels. Each system that is capable of receiving a signal is subject to instruction by this signal. Thus, at the level of an entire system, all such signals are instructive, whereas all instructive processes at some lower level imply selective mechanisms, through which products that were already present in the system prior to the arrival of the signal are selected and amplified. In learning, as in all processes resembling learning, a discussion of instruction versus selection serves only to determine the organizational level of the elements upon which selective mechanisms operate.

Anticorps et Acquisition des Connaissances : Théories : Sélection/Instruction

Niels Kaj Jerne

Il semblerait que la sélection fasse appel à un mécanisme suivant lequel le produit étudié serait présent dans le système avant l'arrivée du signal, ce dernier n'aurait pour but que de l'identifier et de l'amplifier.

Chaque système, capable de capter un tel signal, peut en recevoir les instructions ; ceci au niveau d'un système complet, mais à un niveau plus bas il existerait un mécanisme sélectif. Dans l'acquisition des connaissances et dans tous processus comparables, une analyse de cette sélection permet de déterminer le niveau d'organisation sur lequel elle agit.

Il y a quelques années, on croyait que l'antigène fournissait les données nécessaires à la formation de l'anticorps par des instructions intracellulaires sur la structure tertiaire des globulines. Ceci a été remplacé par l'idée que la formation d'anticorps est basée sur un mécanisme de sélection, l'antigène choisissait un modèle parmi tous ceux préexistants et accélère ensuite sa synthèse.

Cette hypothèse s'est imposée par le fait que la production d'anticorps est comparable au mécanisme général de biosynthèse des protéines et que les protoplasmes cellulaires peuvent produire des anticorps en l'absence de tout antigène intracellulaire. Des essais ont été faits pour décrire ce mécanisme et pour essayer de comprendre comment agit l'antigène.

Le remplacement des théories basées sur les instructions par des théories basées sur la sélection se généralisent en Biologie. De nombreuses analogies existent entre le système nerveux central et le système immunologique et on peut se poser la question de savoir si au niveau de l'acquisition des connaissances un tel système sélectif peut exister. L'analyse de cette question permet d'appliquer tout ce qui a été dit plus haut à cette acquisition des connaissances.

Anticuerpos y adquisicion de los conocimientos

Teorias : Seleccion/Instruccion

Niels Kaj Jerne

(Resumen)

Parece que la selección se vale deun mecanismo según el cual el producto estudiado está presente en el sistema antes de que llegue la señal. Dicha señal sólo tendra por objeto identificarlo y amplificarlo.

Todo sistema que puede captar dicha señal puede de ella las instrucciones ; esto, al nivel de un sistema completo, pero a un nivel más bajo existiría un mecanismo selectivo. En la adquisición de conocimientos y en todo proceso equiparable, un análisis de dicha selección permite que se determine el nivel de organisación en el cual actua.

Hace algunos años, se pensaba que el antigene proporcionaba los datos necesarios para la formación del anticuerpo mediante instrucciones intracelulares en la estructura terciaria de las globulinas. A este concepto se subtituyo la idea de que la formación de anticuerpos se basa en un mecanismo de selección ; el antigene escoje un modelo entre cuantos existen y luego acelera la síntesis.

Esta hipótesis se ha venido imponiendo por el hecho de que la producción de anticuerpos y el mecanismo general de biosíntesis de las proteinas son equiparables y que los protoplasmos celulares pueden producir anticuerpos en ausencia de los antigenes intracelulares. Procedieron a unos ensayos para descubrir dicho mecanismo y llegar a comprender como actua el antigene.

Viene generalizándose las teorias basadas en la selección sustituyendo las que se basaban en las instrucciones, en biologia. Muchas analogías existen entre el sistema nervioso central y el immunológico y podemos preguntarnos si puede existir al nivel de la adquisición de los conocimientos dicho sistema selectivo. El análisis de dicho problema permite que se aplique cuanto se ha dicho anteriormente, a esta adquisición de conocimientos.

Reprinted from *The neurosciences. A study program*, 1967, p. 772-775

Brain Mechanisms and Memory

P. G. NELSON

DR. IRWIN KOPIN, Dr. Eric Kandel, and I were asked at the Boulder meetings to put together our thoughts on memory and the different ideas we feel emerged from that month of lectures and discussions. This chapter is the result.

One classification of the hypotheses concerning the mechanisms underlying learning and memory is shown in Table I. The hypothesized mechanisms are divided into those in which specific macromolecules serve to encode information, those of various field effects, and those emphasizing the importance of connections or synapses between nerve cells. The connectionistic category, in turn, is subdivided into specific and nonspecific connectionistic models. I would like to expand on these various categories and then to consider in slightly greater detail one aspect of the specific connectionistic category. Obviously these categories are not mutually exclusive; for instance, macromolecular function is going to affect all the other categories. Dr. Hydén has invoked electrical fields as possible determinants of nucleic acid and protein production; fields may affect a connectionistic system, and so on.

Previous discussions have dealt in a comprehensive fashion with the relationship of nucleic acids and proteins to learning and memory. The macromolecular hypothesis is posed in its most extreme form by the transfer experiments that Dr. Quarton analyzed so lucidly. Information is considered to be stored in the specific configuration of large molecules (notably RNA and/or polypeptides), and these molecules are themselves sufficient to produce a more or less specific change in the behavioral repertoire of an organism. The experimental basis for this theory is at present controversial, but the macromolecular hypothesis has great appeal because the macromolecules can serve as an efficient information-storage mechanism, as has been shown so clearly with regard to genetic information. The steps by which the specific experiences of an animal result in a comparably specific alteration in RNA and protein seem very obscure at this point, and hypotheses as to how the macromolecules may produce specific behavioral changes are also lacking. Dingman and Sporn,[1] have pointed up the necessity of fitting the molecular machinery into the complex anatomy of the neuron. The question of how a variable readout of the highly stable information in DNA might be affected by physiological processes is a critical one that is discussed elsewhere in this volume; however, few answers are currently available.

Experiments with antimetabolites that block protein synthesis have shown that disruption of protein synthetic pathways can block the consolidation or retention of learned behavior (Agranoff, this volume). These experiments would seem to support macromolecular theories of memory. The remarkable increase in the detailed knowledge of the process of protein synthesis makes these experiments very attractive, but the results of such experiments with antimetabolites have become extremely complex and, at present, their interpretation is not at all clear cut. For instance, the time course of suppression of protein synthesis does not parallel the effect of the antimetabolites on consolidation of memory. Furthermore, it seems questionable to assign a specific role to the brain proteins in the process of memory or information storage because proteins participate in such a wide variety of cell functions. Disruption of protein metabolism might well be accompanied by a general malfunctioning of the brain. Some controls for the nonspecificity of the protein blocking effects have been found, but these results do not as yet seem conclusive.

Turning to the second category—the field or nonconnectionistic concept of brain function—there is some direct data indicating that such processes can be of importance in the central nervous system. An example is given by spreading depression in which a wave of activity can be made to propagate slowly across the retina or the cerebral cortex. Spreading depression manifests itself as a paroxysmal burst of neuronal activity associated with depression of activity, direct-current potential shifts, and large movements of ions and metabolites.[2] Caffeine and strychnine waves are other sorts of massive activity not solely dependent on neural connections, for this activity will propagate across cuts in neural tissue. Steady polarizing currents applied to the brain markedly alter the behavior of the tissue as has been amply demonstrated by Purpura (this volume). Such currents undoubtedly alter

---

P. G. NELSON Section on Spinal Cord, Laboratory of Neurophysiology, National Institute of Neurological Diseases & Blindness, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland

thresholds and synaptic properties of neurons in the polarized tissue, but whether all of the effects of polarizing currents can be explained on these grounds is an open question. At any rate, the experiments of many workers certainly show that electrical fields can produce dramatic changes in neural behavior. There has been considerable doubt whether adequate potential gradients occur under physiological conditions in the nervous system to produce functionally significant effects, and the effects mentioned above (spreading depression, strychnine wave, etc.) are pathologic processes. In the spinal cord, it has been possible to demonstrate interaction between afferent fibers[3] and between motoneurons.[4,5] This interaction is probably the result of the electrical currents generated by active elements influencing their neighbors. This interaction is of short duration (one millisecond or so), and occurs despite the apparent absence of any specialized areas of membrane apposition (such as tight junctions) between motoneurons. The voltage gradient throughout most of the field around an active motoneuron is small (about one millivolt per millimeter), although substantially greater focal gradients do occur. More orderly arrays of cells than occur in the spinal cord might be expected to generate much more substantial fields with activity. For instance, quite large field potentials are found in the hippocampus. If the fields accompanying spike activity in some cells are effective in modifying the activity of their neighbors, this would serve as a synchronizing mechanism. It seems to me that this would act as a modulating influence on synaptically produced patterns of activity rather than as a primary determinant of activity.

TABLE I

Hypotheses as to the brain mechanisms underlying memory

- I. Macromolecular
  Information stored as specific molecular configuration
- II. Field
  - A. Electrical potential
  - B. Chemical concentration (ionic, hormonal)
  - C. Anatomical (extracellular space)
    Information stored in specific field configurations
- III. Connectionistic
  - A. Systems with essential equivalence of connections between the neurons in an assembly
    Information in the assembly is represented by activity of the entire assembly. Activity of any single cell carries little information.
  - B. Systems in which specific connections are important.
    Information is stored as the effectiveness of particular pathways which will converge on particular cells to activate them.

Dr. Adey and his coworkers[6,7] have emphasized the usefulness of studying slow-wave activity and brain impedance changes as concomitants of learning. Slow-wave activity has been suggested as an aspect of neural activity that may be primary to or independent of individual spike activity. Adey has interpreted observations on the composition of the extracellular space as indicating that this space would probably have properties that strongly affect brain function, and that variations in ionic and other chemical gradients would also be of importance. An important question regarding these field-concept phenomena is to what extent they are to be regarded as operating independently of the synaptic connections of the nervous system. If field potentials, for instance, serve primarily as modulators of the basic, synaptically organized structure of the brain, a natural framework exists by which the field effects can be understood and interpreted. If, however, the field phenomena are taken as the primary mechanisms by which the brain performs its function, a large gap exists at present between the experimental and conceptual basis for the field concepts and a large body of neurophysiological observations. At present, the specificity and complexity that have been demonstrated for cellular neuronal integrative mechanisms represent a much more highly developed approach to brain function than does the field approach.

With these field theories, information is represented by the specific configuration of the electrical, chemical, or structural "fields," and learning and memory would consist of alteration and preservation of the alteration, in such a configuration. A detailed and comprehensive theoretical treatment of these postulated field effects in terms of information storage is still lacking and the experimental work is in a relatively inconclusive state.

In the numerous discussions put forward in this book, it has been clear that some sort of distinction should be made between two different kinds of connectionist theories of how the brain works and how memory might be represented. The extreme statements of the two viewpoints might be put as follows: (1) Some sort of equivalence of connections between cells exists in certain parts of the brain, and the behavior of an entire assembly or ensemble of cells must be considered as representing or encoding information; the behavior of any given cell is relatively unimportant. (2) The second viewpoint attaches great significance to the particular connections of each cell, and specific information is represented by the firing of a particular cell.

Now, everyone would agree that there is excellent evidence for the importance of highly specific and reliable connections in the nervous system. The sensory systems[8] and the various reflex arcs of the spinal cord are clear examples of this specificity. It is equally clear, however, that synaptic transmission partakes of a statistical and, in some regards, indeterminate quality. Work on the quantal nature of transmission at the neuromuscular junction has indicated this, and statistical properties appear characteristic of central synapses, as well. The monosynaptic connections between group Ia afferent fibers and spinal motoneurons have been shown to partake of this statistical property.[9-11] The amplitude of the synaptic potential resulting from activation of a single group Ia fiber, for instance, may vary from zero to over three millivolts in a random fashion (R. E. Burke, personal communication). It should be emphasized that this statistical process is entirely compatible with a highly specific, highly reliable connectionistic mechanism as represented by spinal-reflex pathways. Such a probabilistic feature of a system, therefore, does not indicate that it is nonspecific in its connections.

A more serious problem with the specific connectionistic concept is posed by the increasing multiplicity of inputs to neurons at higher levels of the central nervous system and the increasing dependency of the response of one cell to one input upon the state of activation of other inputs to the cell. One may ask whether, in the highest integrative or associative regions of the brain, this multiplicity is so great that specific connections have relatively little to do with the system's operation (or, alternatively, that the activity of any given neuron may be highly ambiguous in its significance, and represents essentially zero information). The system may approach the randomly connected nerve networks, such as those that have been analyzed in simulation studies by a number of workers.[12,13] These systems can be shown to exhibit a number of interesting properties, such as rhythmic activity occurring spontaneously or in response to transient or steady stimuli. Their behavior can be changed in a number of ways independent of specific connections, and the changes may exhibit some degree of stability. Such parameters as threshold, refractory period, and average connectivity will determine the behavior of the system as a whole.

So far, little has been done in biological experiments toward the demonstration of this sort of mechanism and, in fact, such a theory is hard to come to grips with experimentally. Furthermore, I believe most of the consequences of this kind of model can be duplicated by connection-specific models. For instance, the high degree of frequency-selective activity at different brain sites, as shown by Dr. John in his conditioning experiments, makes one think of the old hypothesis of resonant circuits in the brain. That is, variable-length, synaptically linked chains of neurons could be selectively tuned to inputs of different frequencies. Such sharp frequency-selective features have been seen in interneuronal populations in the spinal cord and thalamus.

The specific connectionistic framework has the appeal of being experimentally approachable in a number of ways. Neurophysiological and biochemical techniques have revealed a good deal about synaptic function. Various candidates for synaptic transmitter chemicals have been identified, and the mechanisms of transmission have been explored extensively. It should be possible to answer in some detail such questions as: Does neural activity at a synapse alter the effectiveness of that synapse? For how long a time period may it be altered and how easily? What are the cellular mechanisms underlying any change that may occur? To what extent are the effects of increased activity dependent on the temporal patterning of that activity?

Possibilities for synaptic changes might be divided into presynaptic and postsynaptic mechanisms. The presynaptic changes are of several sorts and time courses. Posttetanic potentiation,[14] low-frequency depression or habituation,[15] and heterosynaptic facilitation or inhibition[16,17] may be related to the membrane potential of the presynaptic fiber and a process called transmitter mobilization.[18] These processes characteristically last from seconds to many minutes. Repeated high-frequency activation of a synapse may produce potentiation that lasts for an hour or two.[19,20]

A number of ionic species move during neuronal activity and changes in sodium, potassium, chloride, and calcium concentrations must occur. These ionic changes might well be involved in inducing alterations in transmitter metabolism and, in fact, sodium ions are necessary for the resynthesis of acetylcholine in cholinergic presynaptic terminals.[21] However, evidence for long-term ionic effects as a function of nerve activity are lacking.

Dr. Kopin has made a number of points in regard to metabolism at the adrenergic synapse. With activation of these synapses, turnover and production of transmitter is increased to compensate for its increased output. This seems to be the result of a feedback mechanism of regulation (with decreased transmitter resulting in greater activity of existing enzyme), rather than induction of more enzyme. No postactivation overshoot of transmitter concentration or persistent increase of enzyme activity have been shown beyond the period of nerve stimulation, with stimulation periods of one hour. All the components necessary for the production of transmitter are present in the nerve terminals. In addition to the amount of transmitter formed presynaptically, its incorporation into vesicles and the release of these vesicles from the terminals are also important steps determining the effectiveness of the synapses. These steps may also be functions of the ionic milieu in the synaptic region. At the cholinergic synapse the amount of transmitter per vesicle or quantum can be varied by at least one procedure—poisoning by hemicholinium.[22] Again, long-lasting effects of neuronal activity on these aspects of presynaptic function have not been demonstrated.

Receptor sensitivity is an important postsynaptic determinant of synaptic efficacy, and this has been shown to change dramatically under conditions of denervation and re-innervation, especially in the neuromuscular system.[23,24] Evidence for change with use or disuse are somewhat equivocal and contradictory. Two types of experiments have been done in this connection. If acetylcholine is applied to a receptor membrane, a desensitization phenomenon can readily be demonstrated.[25] It is still not known, however, if naturally (that is, neurally) applied acetylcholine produces desensitization. Two similar experiments give contradictory results.[26,27] If chronic underactivity of the nerves innervating a muscle is produced, one might expect a change in receptor sensitivity. It appears that some such change may well occur, but it is not nearly so marked as is the case with denervation.[28]

A number of procedures have been used to alter the activation state of the monosynaptic reflex arc of the spinal cord. Changes in reflexes accompany muscle tenotomy or denervation of synergic muscles,[29,30] but the functional consequences of the experimental procedures are complex and not entirely worked out.[31] The precise nature of the relationship between use and synaptic efficacy is, therefore, not revealed by these experiments.

The trophic relationship between nerve and muscle is dramatically demonstrated in the experiments of Buller, Eccles, and Eccles, and of Buller and Lewis.[32,33] The contractile properties of a muscle are to a certain extent determined by the nerve going to that muscle. The rate of activation of the nerve and other specific factors not related to impulse propagation may play a role in this regulation, and the importance of these different factors is at present unclear.[33]

Alteration in the endogenous activity generated in a neuron is a variable that could be modified by synaptic activity, as has been discussed in other chapters. The circadian rhythms shown by Strumwasser indicate that long-term changes in spontaneous activity may occur. It may be relevant that in the neuromuscular system where denervation results in an increase in receptor sensitivity, it may also result in the occurrence of pacemaker activity at the synaptic region.[34]

Growth mechanisms are an appealing form of long-term change, and change in dendritic structure (or receptor area) would be a powerful mechanism for determining connections between neurons. Dramatic effects on cell structure in the lateral geniculate nucleus under conditions of light deprivation have been demonstrated in the developing nervous system, but changes were slight at the cortical level. Functional alterations in the visual cortex as a function of light deprivation were found to be very marked, however. Comparison of unilateral and bilateral light deprivation illustrates the complexity of these results.[35] Dr. Altman's chapter demonstrates the intricate nature of the growth of the postnatal brain, and the experiments on changes in cortical size as a function of the experiential richness of the environment have exciting implications.[36] Activation has long been known to produce changes in protein and RNA production in nerve cells,[37] and Dr. Hydén's work in this volume shows that changes in RNA production specific to a learning situation may occur.[38] The relationship of this class of phenomena to synaptic physiology has not, to my knowledge, been explored.

It is crucial to the connectionistic theory of learning and memory that synaptic efficacy be alterable as a consequence of neural activity. A considerable number of experiments have been done in the area of synaptic function as related to use and disuse of the synapse. While positive effects have been reported, I think it is impressive how little direct quantitative evidence now exists to show that use improves the function of the synapse over a time scale of days or weeks. It is to be hoped that further physiological and biochemical studies will be forthcoming, and that the fundamental mechanisms of synaptic change in some relatively simple systems will be worked out. It will clearly be only a small, first step in unraveling the detailed mechanisms of memory and learning in the intact functioning brain, but it may well be a crucial step.

As has been pointed out several times, it is probable that more than one mechanism will be found to be involved in the learning and remembering processes.

Mécanismes cérébraux et Mémoire

P.G. Nelson

(Résumé)

Trois mécanismes peuvent rendre compte des mécanismes cérébraux qui sont à la base de la mémoire.

1) Des macromolécules (acides nucléiques, protéines) peuvent servir au transport de l'information. Cette hypothèse se trouve vérifiée par l'existence des gènes et par l'action des antimétabolites sur la synthèse des protéines. Mais il semble discutable d'assigner un rôle spécifique aux protéines du cerveau dans les processus de la mémoire en raison du grand nombre de fonctions cellulaires dans lesquelles interviennent les protéines.

2) Existence de champs : l'information est représentée par une configuration spécifique des champs électriques, chimiques ou structuraux. L'acquisition des connaissances et le phénomène de la mémoire consisteraient en la modification d'une telle configuration et en la persistance de cette modification.

3) Théorie des connections : la théorie des connections peut elle-même se diviser en deux, suivant que l'on met l'accent sur des modes de connections spécifiques ou non.

a) dans un cas, on fait appel aux équivalences de connections entre cellules existant dans certaines parties du cerveau. Les liens entre ces ensembles de cellules sont supposés représenter et coder l'information. Les rapports entre cellules individuelles ont relativement peu d'importance. L'information est donc représentée par l'activité de l'ensemble;

b) le second point de vue (largement développé par l'auteur) attache une grande importance aux connections entre cellules individuelles et l'information spécifique serait représentée par l'activité d'une cellule donnée.

Ces diverses hypothèses ne s'excluent pas mutuellement : l'information enregistrée par les macromolécules peuvent affecter les autres phénomènes, un champ électrique est capable de provoquer la production d'acides nucléiques ou de protéines, l'existence de champs peut affecter également le système de connection et ainsi de suite.

Mecanismos cerebrales y Memoria

P.G. Nelson
(Resumen)

La memoria tiene como base mecanismos cerebrales de los cuales pueden dar cuenta tres hipótesis :

1) Macromoléculas (ácidos nucleicos, proteínas) pueden servir al transporte de la información. Dicha hipótesis se halla verificada por la existencia de los genes y la acción de los antimetabólites en la síntesis de las proteínas. Pero, parece discutible el que se asignase a las proteínas del cerebro una función específica en los procesos de la memoria debido a las muchas funciones celulares en las que intervienen las proteínas.

2) Existencia de campos : la información está representada por una configuración específica de los campos eléctricos, químicos o estructurales. La adquisición de los conocimientos y el fenómeno de la memoria consistirían en la modificación de dicha configuración y en su persistencia.

3) Teoría de las conexiones : Dicha teoría puede dividirse en dos :

a) en un primer caso, se recurre a las equivalencias de conexiones entre células existentes en ciertas partes del cerebro. Suponen que las relaciones entre estos conjuntos de células representan y codifican la información. Las relaciones entre células individuales tiene poca importancia relativamente. La información, pués, resulta representada por la actividad del conjunto.

b) En el segundo caso (ampliamente desarrollado por el autor) se confiere mucha importancia a las conexiones entre células individuales y la formación específica resultaria representada por la actividad de una celula dada.

Estas varias hipótesis no se excluyen mutualmente. La información registrada por las macromoléculas pueden tener influencia sobre los otros fenómenos, un campo eléctrico puede provocar la producción de ácidos nucleicos o de proteínas, la existencia de campos, también puede tener influencia en el sistema de conexion, y así sucesivamente.

REFLEXIONS SUR L'ENSEIGNEMENT DE LA BIOLOGIE HUMAINE DANS LES ÉTABLISSEMENTS SECONDAIRES D'AFRIQUE

par

Mme G. M'Bareck[1] et A. Sasson[2]

Plusieurs questions intéressant la Biologie de l'homme sont inscrites aux programmes des classes des établissements secondaires des pays francophones d'Afrique ; on les rencontre à la fois dans le premier et dans le second cycle.

Au Maroc, en 1ère année secondaire, on relève les accidents et les déformations du squelette, le rachitisme , les caries dentaires, des notions d'hygiène générale et de l'enfant en particulier, les maladies de l'œil, l'étude d'un ver et d'un protozoaire parasites, d'un Mammifère vecteur de maladies contagieuses comme le Rat ; une introduction à la nutrition est suggérée à travers l'étude d'un poisson. En 3ème année secondaire, la nutrition est plus développée puisqu'il doit être question des rations alimentaires, des carences ; l'hygiène prend plus de développement également puisque le professeur devra traiter plusieurs maladies (diphtérie, tuberculose), définir vaccination et sérothérapie, conclure par une synthèse sur le monde des microbes ; enfin la reproduction de l'homme et les problèmes qui s'y rattachent sont abordés (organes génitaux, fécondation, maladies vénériennes).

Pour les pays d'Afrique au Sud du Sahara, sont inscrites au programme de la classe de 5ème l'étude de l'*Ascaris* et du *Taenia*, de Diptères (Mouche, Moustique), de Crustacés qui peuvent être des vecteurs de maladies. Mais c'est surtout en classe de 3ème que sont développées les questions relatives à l'hygiène, sous la forme de plusieurs maladies provoquées par des virus (variole), des bactéries (diphtérie, tuberculose, typhoïde, lèpre), des protozoaires (amibiase, paludisme, trypanosomiase) et des vers (bilharziose, filarioses). Elles sont l'occasion de donner des notions de médecine préventive.

---

[1] - Chargée d'inspection en Sciences Naturelles des établissements secondaires de la zone nord du Maroc.

[2] - Professeur à la Facuté des Sciences de Rabat (Laboratoire de Microbiologie).

Ces programmes peuvent paraître chargés, mais on peut parfaitement concevoir que le professeur puisse faire un choix et traiter des maladies différentes d'une année à l'autre, d'insister sur celle non inscrite au programme mais qui s'est subitement déclarée dans le pays (le cas s'est présenté au Maroc en 1968 avec une épidémie de méningite). Il peut aussi aborder les notions d'hygiène dans d'autres classes, à la suite de l'étude des sols, de l'eau, de certains animaux domestiques ; une telle manière de procéder a le mérite de replacer les organismes pathogènes dans la biosphère et d'attirer l'attention des élèves sur les relations d'ordre écologique. Elle confirme enfin le caractère interdisciplinaire de la Biologie.

Il nous semble que pour traiter complètement et utilement ces différentes questions de la Biologie de l'homme, on doit prendre en considération un certain nombre d'exigences.

Dans le cas des maladies, on songe naturellement à la prévention, à la prophylaxie, à dégager des conseils, des idées-forces; l'enseignant est un agent actif de la prévention médicale et de la médecine infantile, il devient un auxiliaire précieux des services de la Santé publique et de l'hygiène sociale. Ce rôle est déjà celui des instituteurs (au Maroc, par exemple, l'aide de ceux-ci est particulièrement efficace contre le trachome : distribution de pommade ophtalmique ; ils ont été aussi chargés de faire des leçons élémentaires d'hygiène). Il y a donc là pour l'enseignant biologiste un aspect utilitaire qui est important. Sans que des connaissances médicales approfondies soient nécessaires, des notions claires sont indispensables et ces dernières peuvent être acquises à la faveur d'une collaboration avec les services spécialisés de la Santé publique et de l'éducation sanitaire qui possèdent généralement une excellente documentation (affiches, diapositives, films). En jouant ce rôle, en Afrique, l'enseignant participe à l'éducation des élèves dont beaucoup ne feront pas des études supérieures et demeureront en milieu rural ou émigreront vers les centres urbains où plus qu'ailleurs ces notions d'hygiène leur seront d'une grande utilité. La diminution considérable des effectifs scolaires dans les écoles africaines, tout au long des cycles primaire et secondaire, pose avec acuité le problème de la rentabilité de l'enseignement, mais oblige l'enseignant (surtout en sciences naturelles) à traiter des questions et à insister sur des aspects que l'on réserve souvent en Europe aux classes terminales. L'introduction, au Maroc, des notions d'hygiène, de sexualité, de nutrition dans le premier cycle secondaire a été motivée par ces considérations, à savoir éclairer au maximum sur leur environnement des élèves qui y seront rapidement rejetés.

Ces considérations se justifient tout autant dans le cas des questions d'alimentation et de nutrition, de reproduction et de démographie, dont les incidences socio-économiques sont évidentes. L'enseignant qui a devant lui un public de jeunes adultes à l'orée de la vie productive devra en être conscient et disposer de données précises pour asseoir son argumentation et l'orientation de son cours. C'est ainsi qu'il nous paraît important de souligner les conséquences économiques des maladies parasitaires et des carences nutritionnelles : le coût des programmes de lutte et d'éradication (au Kénya, les dépenses engagées dans la lutte contre la trypanosomiase de l'homme et des animaux ont été estimées à 2,5 millions de dollars par an), la réduction de l'espérance de vie surtout dans les groupes d'âge les plus actifs sur le plan économique, les infirmités et les invalidités permanentes (l'une des complications redoutables de l'onchocercose est la cécité : en plusieurs régions de l'Afrique équatoriale et occidentale, plus de 50% des habitants sont infectés et 4 à 10% des malades sont aveugles ; dans le bassin de la Haute-Volta on compte aujourd'hui 100 000 aveugles qui représentent un fardeau important pour la communauté), la sérieuse diminution de la production liée à l'affaiblissement des travailleurs (on a estimé que la moitié du travail des agriculteurs servait à la production des aliments pour les vers qui les parasitaient). Les maladies des animaux et des plantes cultivées sont, à cet égard, tout aussi importantes : la superficie des territoires infestés par la mouche tsé-tsé est de l'ordre de 10 millions de kilomètres carrés en Afrique ; si le Diptère était éliminé, on pourrait élever 125 millions de têtes de bétail, soit le double de la population actuelle. Il faut également mentionner que l'amélioration des conditions sanitaires a entraîné quelquefois d'autres problèmes : les régions où se déroulent d'importants travaux publics sont des zones de diffusion rapide des parasites, en raison de la grande densité des populations de travailleurs et de la facilité des moyens de communication ; la surpopulation des faubourgs des villes a favorisé la multiplication de certains vecteurs comme le *Culex pipiens fatigans* qui est le principal agent de transmission de la filaire de Bancroft ; les projets d'irrigation ont des conséquences analogues (dans la province d'Assouan, le nombre des malades atteints de la bilharziose génito-urinaire a été multiplié par 11 après l'introduction de l'irrigation permanente ; au Maroc, dans les périmètres irrigués du Haouz, au sud de Marrakech, on rencontre une situation analogue).

Une autre exigence propre aux pays en voie de développement et qui intéresse plus spécialement le professeur de sciences naturelles a trait à l'éducation des adultes à travers son public scolaire. L'analphabétisme grave qui sévit dans tous ces pays a de profondes répercussions dans tout ce qui touche à la santé : on constate par exemple que les dispensaires et les centres de prévention sont encombrés par des cas bénins qui relèvent d'une hygiène élémentaire ; que beaucoup de maladies pourraient être évitées à la suite d'une éducation simple et claire ; celle-ci n'est cependant pas toujours facile à inculquer aux adultes, mais au contraire les élèves sont plus réceptifs. On peut espérer aussi combattre des habitudes et des interdits alimentaires insoutenables et mieux organiser l'alimentation familiale.

Une dernière préoccupation nous semble devoir mériter de la part des enseignants plus d'attention : en traitant les questions de Biologie humaine, il convient de replacer l'homme dans la biosphère ainsi que ses parasites. On risque trop, en dissociant l'espèce humaine des autres êtres vivants, de tomber dans l'anthropocentrisme et accréditer chez les jeunes élèves cette idée fausse de la suprématie de l'homme dans la nature, alors que la tendance actuelle est vers une intégration harmonieuse dans cette nature, vers un respect de l'environnement compatible avec un aménagement rationnel. Cette préoccupation trouve naturellement sa place à propos des problèmes de reproduction et démographiques : tout en se gardant de donner des recettes (ce qui n'est pas son rôle), l'enseignant devra, à notre sens, souligner l'importance du problème posé par la surpopulation, ses conséquences locales et planétaires non seulement pour l'homme mais encore pour l'environnement.

Pour toutes les raisons exposées, il convient donc à notre avis d'accueillir très favorablement toutes les tentatives de réalisation de brochures, de fiches pédagogiques qui s'inspirent de ces préoccupations et qui rendront de grands services aux enseignants le plus souvent profondément démunis d'illustration et de documentation et qui compenseront en partie la cruelle pénurie d'ouvrages.

C'est ainsi qu'au Maroc deux brochures ont déjà matérialisé la collaboration entre les Ministères de l'Education Nationale et de la Santé publique : elles intéressent le 1er cycle et portent sur la nutrition (problèmes et application) et sur des notions de santé publique (tuberculose, gale, paludisme, bilharziose, poux, teigne), dans un contexte spécifiquement marocain et nord-africain. Ces brochures ont été adoptées, après simplification, par l'Enseignement primaire. Deux autres brochures sont en préparation et concernent les maladies oculaires, les problèmes et les méthodes d'assainissement. Nous savons que dans plusieurs pays d'Afrique tropicale et intertropicale existe une riche documentation portant sur les questions d'hygiène, de santé et de nutrition ; mais il nous semble qu'elle n'a pas été exploitée pour les buts de l'enseignement secondaire ; cet objectif ne pourra être atteint qu'à travers la collaboration entre enseignants et médecins. Il convient de signaler ici plusieurs conférences de recyclage, organisées à la Faculté des Sciences de Rabat pour les professeurs de Sciences Naturelles, par des médecins sur plusieurs maladies (diphtérie, tétanos, tuberculose, vers parasites).

Sur le plan international et interafricain, le projet pilote de l'U.N.E.S.C.O. pour l'amélioration des techniques et des méthodes d'enseignement de la Biologie en Afrique a inclus les questions de Biologie humaine, auxquelles a été consacré un stage de 2 mois, à Rabat, du 1er juin au 26 juillet 1970. L'objet de ce stage (ainsi que de ceux qui l'ont précédé à Abidjan et à Tananarive) est de réaliser des fiches pédagogiques et de documentation pour le professeur, comprenant des manipulations et une illustration variée, sur des thèmes inscrits aux programmes des classes secondaires. On s'est attaché, chaque fois, aux thèmes et aux aspects africains pour lesquels la documentation est souvent dispersée ou parfois inexistante et à propos desquels on peut faire la démonstration des préoccupations que nous avons précédemment exposées. Ces fiches qui seront publiées par les soins de l'U.N.E.S.C.O. rendront, nous l'espérons, quelques services aux enseignants des pays intéressés, tout en stimulant dans ces derniers une rénovation pédagogique indispensable.

Reflexions on human Biology teaching in African secondary schools

G.M'Bareck and A. Sasson

(Summary)

Some questions concerning Human Biology belong to the syllabus of several classes : deficiency or infectious diseases, hygiene, parasites and pathogenic vehicles of diseases (diptera, crustacea, worms, funguses, protozoa, bacteria, virus). They are also examined in other chapters dealing for instance with the study of soils, water or domestic animals.

Preventive and prophylactic advice will be given to children and adolescents in collaboration with the public health departments. Notions of hygiene, sexuality and nutrition must be introduced very early, in the first classes (between 12 and 15), as the majority of the pupils stop going to school at that age.

The economic consequences of parasitic diseases must be underlined : the cost of the platforms of action against diseases (in Kenya, sleeping-sickness costs 2.5 million dollars a year), life shortened, infirmities (in Haute-Volta there are 100,000 blind people), diseases of cultivated plants and of animals (in Africa 10 million square kilometres are infested by the Tsetse-fly, which means that 125 million more cattle could otherwise the bred).

As for adults, the teaching must be focused on hygiene, the treatment of benign diseases ; it must also fight against bad habits and bad nutrition.

Human biology must also attach the greatest importance to the study of biosphere and aim at creating a rational surrounding medium. Thus it will include the demographic problems and the problems of reproduction (consequences of over-populated countries on the local and planetary scale).

Catalogues and brochures should be prepared and distributed. For this purpose, the papers that came out after the Commission of Rabat regarding the pilot-plan of UNESCO on human Biology (June-July 1970) can be most useful.

Reflexión acerca de la Enseñanza de la Biología humana en los establecimientos de segunda enseñanza de África

G.M'Bareck y A. Sasson

(Resumen)

Han incluído varios problemas referentes a la biología del Hombre en el programa de diversas clases : enfermedades infecciosas,o de carencia, higiene, parásitos y agentes patógenos (dipteros, crustaceos, gusanos, hongos, protozoarias, bacterias,virus) vectores de enfermedades. También se examinan en otros capítulos que tratan del estudio del suelo, del agua o de animales domésticos.

Habrá que dar consejos de prevención y profilaxia a los niños y adolescentes, en colaboración con los servicios especializadas de Sanidad pública ; e incluir nociones de higiene, sexualidad y alimentación a partir del 1er ciclo (de 12 hasta 15 años) para la mayoría de los alumnos que por lo regular no persiguen más allá en los estudios.

Hay que poner de manifiesto las consecuencias económicas de las enfermedades parasitarias : costo de los programas de lucha (Kenia, tripanosomiasis del Hombre : 2,5 millones de dólares por año), disminución del tiempo medio de vida, invalidez (100.000 ciegos en Alta-Volta), enfermedades de las plantas cultivadas y de los animales (10 millones de Km^2, en donde hace estragos la mosca Tsé-tsé en África, o sea 125 millones de reses más podrían haberse criado sin ella.

Hay que enseñar a los adultos nociones de higiene, métodos de curación de la enfermedades benignas y a luchar contra ciertas costumbres y prohibiciones en cuanto a alimentos.

También debe incluírse la biología humana en el estudio de la biósfera y contribuir a la edificación de un medio ambiente racional. Esta preocupación permitirá que vayan incluídos también los problemas de reproduccion y demográficos (consecuencias del excedente de población en un plan local y planetario).

Fichas y folletos seran distribuídos. Se aprovechará especialmente los documentos resultantes del periodo de practicas ("stage") de Rabat del Proyecto-modelo UNESCO (Junio-Julio 1970) dedicado a la Biología humana.

Extrait de *L'alimentation et la nutrition en Afrique*: nº 4, 1966, du *Bulletin de la Commission régionale mixte FAO/OMS/CCTA pour l'alimentation et la nutrition en Afrique*, p. 17-30

EDUCATION DU PUBLIC EN MATIERE DE NUTRITION

Eduquer le grand public en matière de nutrition présente certaines difficultés dont il faut tenir compte si l'on veut réaliser l'objectif que l'on s'est fixé, à savoir améliorer l'état nutritif de la population.

Tout d'abord, la nutrition est un domaine dans lequel de nombreuses disciplines jouent un rôle et les représentants de celles-ci doivent donc participer à tout programme qui se veut couronné de succès. Il sera toujours nécessaire de coordonner les activités en matière de nutrition de ces différents représentants mais ce ne sera pas là une tâche toujours facile.

En second lieu, améliorer la nutrition a pour objectif d'améliorer l'état sanitaire et les niveaux de vie. Etant donné que la majorité de ceux à qui s'adressera cette éducation ne sauront pas ce que représente cette amélioration, il incombera à l'éducateur de leur inculquer ce qui est essentiellement une idée abstraite. Il est bien connu que les populations analphabètes pensent en termes de faits concrets, et conçoivent difficilement ce qui est abstrait. En outre, en majorité, les maladies nutritionnelles sont provoquées par une déficience en nutriments, et il est encore plus difficile de comprendre qu'une maladie découle d'une carence en quelque chose plutôt que d'une action physique quelconque telle une piqûre de moustique ou une infection bactérielle.

En troisième lieu, tout enseignement efficace requiert que l'éducateur connaisse bien non seulement le sujet qu'il doit enseigner, mais aussi le mode de vie, les pensées et les réactions de ceux qui forment son audience. Malheureusement, ceci est loin d'être facile en Afrique. Les personnes possédant de bonnes connaissances en nutrition seront soit des expatriés qui, même après un long séjour dans un pays africain, peuvent ne pas avoir acquis suffisamment de pénétration pour capter la pensée de la population locale, soit des Africains qui auront probablement été éduqués à l'occidentale depuis leur jeune âge, auront vécu la vie d'internat au cours de leur adolescence et auront poursuivi leurs études supérieures dans une université européenne ou américaine . Dans l'un ou l'autre cas, le résultat est que de nombreux éléments peuvent être acceptés comme acquis par ce personnel de niveau supérieur alors que la masse de la population les ignore ou bien ne les comprend pas.

L'on peut dire, probablement avec raison, que les programmes d'éducation en matière de nutrition en Afrique ont été, jusqu'à maintenant, quelque peu décevants. De toutes les raisons motivant cette déception, les suivantes n'ont peut-être pas été jusqu'ici l'objet de l'attention qu'elles méritaient.

1) - Attendre des résultats trop rapides est une erreur. Lorsque l'amélioration de la nutrition implique une modification des habitudes, tout particulièrement en secteur rural, il n'est pas réaliste d'expérer que cette modification se manifeste presque spontanément. Le changement d'habitudes alimentaires est une forme de changement culturel. Par le passé, ces changements culturels naissaient de la rencontre de plusieurs cultures, provoquée par exemple par l'introduction du commerce ou l'avènement de la colonisation. Ces changements, pour la plupart, ont été la conséquence de ces rencontres et il a fallu souvent plusieurs générations pour qu'ils deviennent une règle établie. A notre époque, nous essayons de les susciter délibérément, par exemple, par le truchement de l'assistance technique et de toutes formes d'éducation. Mais aucune raison ne peut nous faire croire que des essais délibérés de modification culturelle donneront toujours des résultats positifs en quelques années. Et même, puisque toute modification soudaine peut avoir des effets secondaires imprévus, il vaut probablement mieux souhaiter que ces changements ne soient pas trop rapides.

2) - Il convient de se rappeler que l'état nutritionnel est autant lié à la production agricole et au niveau économique qu'aux structures, habitudes, coutumes et tabous culturels. Il est trop facile d'insister sur le rôle joué par l'ignorance et les structures culturelles, en tant qu'obstacles à l'amélioration de l'état de nutrition, et d'ignorer l'importance égale des autres facteurs.

3) - Si l'ignorance est sans aucun doute une barrière à l'amélioration de l'alimentation il est nécessaire d'en définir les limites. Ainsi, si le nutritionniste souligne, à juste titre, la valeur des haricots dans l'amélioration d'un régime déficient en protéines, il doit savoir si la population ignore cette valeur, si elle ignore comment modifier ses méthodes culturales pour produire les haricots en plus grande quantité, si elle ignore comment conserver et emmagasiner (et peut-être faire cuire) les haricots après la cueillette. Si, comme il est probable, elle ignore ces trois éléments, tout programme d'éducation qui n'insiste que sur l'un d'entre eux est voué a l'échec et n'améliorera ni le régime alimentaire ni l'état nutritionnel.

4) - Lorsque l'on traite de modifications culturelles, même lorsque celles-ci semblent être aussi simples que des modifications de régimes alimentaires, il est important de penser non seulement aux stimulants nécessaires qui aideront à susciter ces changements, mais encore aux éléments négatifs, c'est-à-dire aux raisons pour lesquelles la population *ne change pas* ses habitudes. Là encore, il est un peu trop facile d'attribuer sa réticence a des facteurs tels que l'esprit de traditionalisme, la paresse etc... Lorsque l'on étudie d'une manière approfondie l'habitude que l'on voudrait modifier, l'on peut souvent s'apercevoir que les raisons pour lesquelles la population ne veut pas la modifier sont aussi réelle que judicieuses.

Enfin, il existe un certain malentendu quant au terme "éducation en matière de nutrition". Lorsque le nutritionniste emploie ce terme, il entend, en fait : "éducation pour améliorer l'état nutritionnel", c'est-à-dire, éducation en toutes questions qui contribuent à une mauvaise nutrition, telles entre autres, agriculture, pénurie alimentaire et commercialisation, enseignement ménager, santé et hygiène.

Malheureusement, l'idée est venue que l'éducation en matière de nutrition signifie simplement dire à la population les aliments qu'elle devrait manger et peut-être comment les faire cuire. L'expérience en Afrique montre que ce n'est qu'en de très rares occasions que cela suffira à provoquer une amélioration. Le principe directeur doit être d'orienter l'éducation vers les causes de la malnutrition, et celles-ci sont souvent multiples.

Il s'ensuit que les programmes d'éducation en matière de nutrition doivent être tout aussi soigneusement planifiés que tout autre programme de développement et d'amélioration. La partie suivante du présent article discutera de trois aspects de cette planification.

1) Il convient tout d'abord d'avoir une idée très claire des problèmes de nutrition qui se posent dans le pays, y compris des problèmes différents selon les zones géographiques, les zones urbaines et les zones rurales; d'établir ensuite les causes de ces problèmes et enfin de prévoir leur solution pour la partie concernant l'éducation.

2) Il convient de définir avec précision tant le contenu de l'enseignement que les méthodes pédagogiques pour chacune des deux catégories d'éducation, l'éducation académique des enfants à l'école et l'éducation extra-scolaire des adultes.

3) Il convient de créer un comité de coordination entre les différentes disciplines, c'est-à-dire les différents ministères, qui devra, entre autres fonctions, définir ce que chacun devra enseigner et assurer qu'il n'y a aucune contradiction dans l'enseignement.

1. Les problèmes de nutrition à l'échelon national - leurs causes - leurs solutions.

A) - La première phase de tout programme doit être consacrée à l'identification des problèmes et de leurs causes. Ceci peut se faire en trois étapes :

a) Conditions cliniques, y compris poids inférieur à la normale, entièrement ou en partie d'origine nutritionnelle.

b) Carences alimentaires, à l'origine des conditions cliniques, définies en termes de produits alimentaires consommés, en quantité, selon les variations saisonnières et en qualité nutritive.

c) Causes des carences alimentaires, et autres causes des conditions cliniques qui ne sont qu'en partie d'origine nutritionnelle.

En ce qui concerne les causes des carences alimentaires, il convient d'interpréter les conclusions avec la plus grande conscience et une extrême prudence, en pensant à trois aspects :

i) Quels sont les biens alimentaires disponibles, c'est-à-dire quels sont ceux produits localement ? Sont-ils en quantité telle que chacun en ait suffisamment ? Peuvent-ils être emmagasinés et conservés d'une récolte à l'autre ? Que trouve-t-on sur le marché local ?

ii) Quels sont les biens alimentaires qui peuvent être achetés ? Cet aspect peut être étudié en pensant soit au coût des produits sur le marché local par rapport au budget familial, soit aux avantages relatifs du point de vue économique ou calorique de la consommation familiale par rapport aux bénéfices que représenterait la vente de ces biens produits dans chaque famille, soit au facteur temps/travail requis pour la production de chaque bien en tenant compte du fait que ces divers éléments compteront dans la décision que prendront l'agriculteur et sa famille de produire ces biens alimentaires.

iii) Quels sont les aliments qu'accepte la population ? c'est-à-dire, existe-t-il des coutumes, habitudes ou croyances, d'origine religieuse, sociale ou sanitaire, interdisant la consommation de certains produits ou limitant celle-ci à certaines occasions ? Il convient de les étudier très attentivement afin de savoir si elles ont maintenant ou si elles ont eu par le passé un fondement économique ou tout autre base d'ordre pratique; il convient également d'établir une distinction entre les "tabous", d'origine et d'association religieuses, et les "croyances" selon lesquelles tel aliment est bon ou mauvais pour la santé ou tout autre raison. En général, l'incidence des tabous sur les régimes alimentaires peut n'être que limitée, mais celle des croyances peu être sérieuse.

Toutes les réactions associées aux sens peuvent également décider de l'acceptation de tel ou tel aliment; l'apparence, y compris la couleur, la consistance, l'odeur, le goût, la facilité de mastication etc... peuvent faire que tel aliment soit plus ou moins bien accepté. D'autres facteurs encore peuvent jouer un rôle dans ce domaine, tels la facilité de préparation et le savoir-faire, tant en soi que par rapport aux autres aliments, la structure et les horaires habituels des repas.

Rassembler tous ces renseignements peut représenter une tâche considérable et intéresser plusieurs ministères. Mais elle est une tâche nécessaire si l'on veut identifier l'origine des problèmes et proposer des solutions rationnelles et pratiques.

On peut cependant se faciliter beaucoup le travail si

i) l'on a recours aux renseignements déjà disponibles et il est surprenant de constater combien ceux-ci sont souvent négligés.

ii) on limite les recherches détaillées à une zone pilote restreinte, ou si on limite le programme d'éducation envisagé à un ou deux problèmes pour lesquels on possède déjà des informations complètes et facilement accessibles.

Nous devons réaffirmer ici que si l'on n'aborde pas de cette manière tout programme d'amélioration nutritionnelle par l'éducation, ses chances de réussite sont minimes, mais par contre il risque fort de se révéler un échec onéreux. Tel est en particulier le cas lorsque l'éducation en matière de nutrition repose, dans la pratique, sur quelques travailleurs sur le terrain venant d'autres disciplines, par exemple, il se peut très bien qu'il n'y ait dans un village qu'un vulgarisateur agricole et un travailleur du développement communautaire, et qu'ils soient responsables du programme d'éducation.

B) - La seconde phase d'un programme consiste à formuler des solutions aux problèmes dont l'origine permet qu'ils soient résolus par l'éducation (certains problèmes ne pourront ainsi être traités, par exemple, l'amélioration de la commercialisation par la construction de routes d'accès requiert un investissement en capital plus qu'une éducation).

Dès que l'on en arrive à l'élaboration de solutions, il convient de tenir dûement compte des désirs de la collectivité, savoir ce qu'elle considère comme étant ses problèmes principaux, ce qu'elle veut voir améliorer en premier etc... L'expérience montre que ce sondage est nécessaire pour le vrai succès d'un programme.

Ces "besoins ressentis" de la population sont très importants, ce sont ceux qui incitent au changement. S'il est possible d'amener une communauté à considérer que divers aspects de sa nutrition ne sont pas satisfaisants, il vaut mieux le faire lentement, tout en essayant de satisfaire un "besoin ressenti".

Ainsi, si une collectivité souffrant communément du kwashiorkor exprime le désir de voir augmenter ses recettes à l'agriculture, il vaudra mieux l'aider en cela en premier lieu, grâce à la vulgarisation agricole - graines améliorées, engrais, méthodes culturales améliorées etc... tous éléments qui pourront donner à la collectivité un excédent de production qu'elle pourra vendre contre argent liquide. Ensuite viendra l'éducation portant sur les besoins des enfants en aliments riches en protéines, sur la culture et l'emmagasinage de ces produits et sur leur utilisation pour améliorer la nourriture. On peut également éduquer les membres de la collectivité sur la manière de dépenser le revenu supplémentaire, en achetant entre autres des aliments de sevrage satisfaisants, s'ils ne sont pas disponibles à partir de produits locaux.

S'il peut être relativement simple de suggérer des solutions aux problèmes de nutrition dont les causes sont connues, et s'il est possible, en certains cas, d'adopter une méthode directe, il se peut qu'il faille parfois introduire ces solutions indirectement si l'on veut que la collectivité ait un sentiment de participation pour quelque chose qu'elle considère nécessaire et valable. Un examen approfondi de la question et une planification détaillée par toutes les disciplines intéressées sont les conditions susceptibles de donner un meilleur résultat.

2. Définition du contenu de l'enseignement et des méthodes pédagogiques.

Lorsque l'on considère un programme d'éducation, il est souhaitable d'étudier séparément l'éducation scolaire des enfants et l'éducation extra-scolaire ou de "vulgarisation" des adultes, et ceci pour plusieurs raisons :

i) le but de l'éducation des adultes est en général d'essayer de produire des résultats aussi rapides que possible : c'est un projet à court terme ou à moyen terme. D'un autre côté, l'éducation des enfants peut être considérée comme un projet à long terme.

ii) la majorité de la population adulte sera analphabète tandis que les écoliers s'habituent à apprendre en écoutant, en suivant des démonstrations ou en se servant de livres. Le processus de l'éducation dans les écoles est destiné entre autres à développer tant les facultés de raisonnement et d'absorption que l'esprit critique. Les adultes non éduqués n'auront pas l'avantage de ce développement mental.

iii) Vis-à-vis de l'alimentation, les adultes auront déjà développé une gamme d'attitudes diverses, goûts ou dégoûts, croyances - ceci est bon, cela est mauvais - etc... Les écoliers commenceront a développer ces attitudes et il sera donc plus facile de leur inculquer de nouvelles idées.

Il s'ensuit donc que le contenu de l'enseignement et les méthodes pédagogiques différeront quelque peu entre l'enseignement scolaire, officiel et l'enseignement extra-scolaire. Il est cependant important de veiller à ce qu'il n'y ait aucune contradiction entre les deux types d'enseignement.

Il est impossible de donner un programme détaillé d'enseignement qui puisse s'appliquer à tous les pays africains, car l'enseignement doit être directement lié aux problèmes nationaux, et ceux-ci varient. Il est cependant possible d'esquisser un certain nombre de principes directeurs.

A) - Education scolaire des enfants.

L'objet de cette éducation est d'enseigner aux enfants quels sont les problèmes d'ordre nutritionnel qui se posent à l'échelon national, quelles sont leurs causes et de traiter ensuite logiquement des solutions possibles et de leur application.

i) Au départ, enseigner quelques éléments de base en matière de nutrition : les besoins du corps en calories, protéines, vitamines et sels minéraux. Relier directement ces éléments aux produits alimentaires trouvés dans le pays et qui fournissent ces éléments nutritifs en quantité suffisante, moyenne et négligeable.

ii) Montrer ce qu'il advient lorsqu'il y a déficience en éléments nutritifs. Lier cet enseignement directement aux problèmes nationaux d'ordre nutritionnel. Insister sur les principaux problèmes nutritionnels.

iii) Relier ces déficiences aux régimes alimentaires. Quels produits manquent et doivent en conséquence être augmentés dans les types alimentaires.

iv) Expliquer pourquoi ces déficiences alimentaires se manifestent, c'est-à-dire rechercher les causes des problèmes nutritionnels. Amener peu à peu les enfants à penser en termes de production alimentaire, commercialisation des produits alimentaires, coûts relatifs et acceptation des produits alimentaires.

Ces quatre premières étapes de l'enseignement, de par leur nature même, ne peuvent pas être très pratiques. On peut avoir largement recours aux aides visuels. On devrait pouvoir organiser une visite dans un hôpital ou un dispensaire afin de comparer les enfants malnourris qui y sont en traitement avec des enfants normalement nourris. Il peut être également très utile de faire des démonstrations avec de petits animaux pour comparer par exemple les effets d'un régime équilibré et ceux d'un régime non équilibré. Il serait également très riche d'enseignement d'essayer quelques tests sous contrôle, sur les enfants mêmes, afin de voir par exemple s'ils travaillent mieux à l'école lorsqu'ils y viennent après avoir pris un bon petit déjeuner.

C'est ainsi que l'on peut et que l'on devrait introduire un élément pratique dans la première phase de l'éducation en matière de nutrition. On peut citer de nombreux arguments en faveur d'une bonne nutrition, bonne santé, vitalité supplémentaire, croissance et développement mental satisfaisants. Pour ce qui suit, la pratique devrait être plus importante que la théorie.

v) Discuter des produits alimentaires nécessaires au redressement des déficiences nutritionnelles. Comment sont-ils cultivés, comment sont-ils cuits ? Leur culture devrait impliquer le recours au jardin scolaire. Il faudrait demander l'assistance des fonctionnaires agricoles pour aider à créer ces jardins et les cultiver d'une manière continue; insister sur les cultures vivrières nécessaires au bon équilibre des régimes alimentaires; saisir toute occasion de démontrer les avantages de simples techniques améliorées : meilleure qualité de graines, distances optimales séparant les plants, utilisation d'engrais, arrosage pendant la saison sèche etc..., en comparant les parcelles où l'on a recours à ces techniques améliorées avec celles où l'on ne les pratique pas. On peut montrer aux enfants que les plantes, elles aussi, requièrent des éléments nutritifs, et leur établir des analogies utiles entre les plantes malades et les êtres humains chétifs lorsque les éléments nutritifs essentiels ne leur sont pas donnés en quantité suffisante. La cuisson des aliments sera logiquement enseignée dans les cours d'enseignement ménager dispensés en général aux jeunes filles. Dans une école mixte, il serait bon d'intéresser les jeunes garçons à ce programme : a) que les produits cultivés par eux dans le jardin scolaire soient utilisés pour la préparation des repas; b) que garçons et filles soient invités ensemble à goûter ensemble ces mets préparés, encouragés à faire part de leurs commentaires et à suggérer des améliorations supplémentaires.

vi) Enseigner l'hygiène, hygiène personnelle et hygiène de la préparation des mets durant les cours de cuisine. Il conviendrait également d'enseigner l'importance de l'approvisionnement en eau pure et la manière permettant de purifier l'eau ordinaire.

vii) Inculquer tant aux garçons qu'aux filles certaines connaissances d'élaboration du budget familial et d'établissement de menus familiaux; leur apprendre à penser en termes de coût relatif des calories et des protéines sur la manière de dépenser une somme donnée pour un nombre donné de personnes, à l'égard du plus grand avantage nutritionnel. Cet enseignement peut encore être plus pratique si l'on organise des visites au marché.

viii) Lier les avantages et les désavantages que présente l'achat de produits pour de plus longues périodes à la question d'emmagasinage de ces produits dans les foyers et dans les fermes, et à la question de conservation des produits. Des démonstrations pratiques des méthodes d'emmagasinage sont essentielles.

ix) Insister fortement sur les régimes alimentaires équilibrés à l'intention des nourrissons et des jeunes enfants, et ceci aussi bien auprès des filles que des garçons.

Deux raisons viennent étayer la thèse selon laquelle il convient d'éduquer tant les garçons que les filles sur certaines questions qui pourraient être considérées comme intéressant uniquement les jeunes filles.

a) Dans les circonstances qui prévalent actuellement dans la plupart des pays africains, le nombre des écoliers dépasse celui des écolières, et de nombreux jeunes gens instruits épouseront des jeunes filles illettrées : l'influence qu'ils pourront avoir dans leurs foyers pourra être importante en y appliquant les connaissances acquises au cours de leur scolarité.

b) Si les deux partenaires du jeune ménage sont instruits, il y aura moins de possibilité de heurt lorsqu'il s'agira d'introduire de nouvelles idées, si tous les deux sont élevés dans ces idées à l'école.

Pour que soient appliqués avec succès les principes directeurs ci-dessus énoncés, deux conditions préalables sont nécessaires :

A. Les autorités chargées de l'éducation auront besoin de l'assistance des autres disciplines pour élaborer le programme d'enseignement.

B. La formation des instituteurs dans les écoles normales doit être très satisfaisante.

Tout ce qui précède ne doit pas être considéré comme l'objet d'un cours séparé. Les divers éléments énoncés, en leur majorité, peuvent être introduits dans des cours déjà existants : cours de science, de géographie, d'hygiène, d'enseignement ménager etc... (Se reporter à titre d'exemple à l'article suivant du Cameroun).

Point n'est besoin pour nous d'insister sur les méthodes pédagogiques à appliquer pour l'enseignement académique : il suffit de recommander que tous les aspects de l'éducation en matière de nutrition soient aussi pratiques que possible. Posséder un manuel séparé présente également un avantage et plusieurs pays étudient déjà la possibilité d'en rédiger un. Les publications du programme du manuel FAO-FISE sont également disponibles et peuvent être utilisées.

B) - Education de Vulgarisation à l'Intention des Adultes.

Il existe des différences très marquées entre l'éducation dispensée dans les écoles et les "collèges" et l'éducation exta-scolaire ou de "vulgarisation" dispensée aux adultes dans leurs villes, villages et foyers. Il est utile, en étudiant ces différences de se rappeler certains aspects du processus de "l'acquisition des connaissances".

Tout d'abord, il existe une différence entre "enseigner" et "apprendre". Quelles que soient les qualités pédagogiques de l'instituteur, l'enfant ne peut apprendre que (a) s'il ressent vraiment le désir d'apprendre, et (b) s'il peut étudier une matière qui soit à sa portée et qu'il puisse comprendre et accepter.

En outre, il existe une autre différence entre "l'instruction" et "l'éducation". L'instruction est un processus à sens unique du professeur à l'élève. L'éducation est un processus à deux sens, qui peut partir de l'instruction mais qui se développe en une participation active de l'élève, qui aide à comprendre le sujet enseigné et implique le professeur qui doit contrôler le degré de profondeur des connaissances.

En troisième lieu, l'éducation de vulgarisation de l'adulte a pour but de modifier des habitudes ou d'en faire adopter de nouvelles. Tel est le cas, sans aucun doute, de l'éducation de vulgarisation en matière de nutrition. Pour ceci, deux phases sont nécessaires : la compréhension et l'acceptation de la nouvelle idée, suivies de la mise en pratique de celle-ci. Des obstacles peuvent se présenter à l'une ou l'autre phase ou aux deux. Il peut être difficile de comprendre l'idée, par exemple, s'il s'agit de l'idée abstraite d'une maladie due à une déficience. Ou il peut être difficile d'accepter l'idee, car elle se heurte fortement à des croyances antérieures ou des pratiques religieuses; ou bien, lorsque l'idée est comprise et acceptée, il se peut qu'il soit difficile, voire même impossible, de la mettre en pratique pour des raisons sociales ou économiques, ou pour toute autre raison imprévue.

De ces trois aspects, il découle des différences essentielles dans l'optique, la teneur et la méthode entre l'éducation en matière de nutrition dispensée dans les écoles et l'éducation extra-scolaire des adultes.

En ce qui concerne l'éducation de vulgarisation à l'intention des adultes, une des conditions fondamentales de son succès est, de la part des adultes, la volonté d'apprendre et de changer, c'est-à-dire "la motivation" ou "l'encouragement". Ceci constitue un élément qui n'a pas été jusqu'ici suffisamment étudié et qui n'est certainement pas entièrement compris. Un encouragement économique ou la possibilité de palper plus d'argent liquide constitue un élément puissant, et, toutes les fois qu'il est possible d'en faire mention, les chances de succès du programme en sont probablement accrues. Le désir de se maintenir en bonne santé, de préserver sa vitalité, de conserver sa virilité ou sa fécondité - sujet délicat - peut également pousser les adultes à s'éduquer et à inculquer à leurs enfants les mêmes principes.

La formule "ceci est bon pour vous" ne semble pas agir comme stimulant puissant auprès des adultes. En tout cas, il vaut mieux essayer de faire quelque peu comprendre le sujet, c'est-à-dire faire ici de "l'éducation" plutôt de "l'instruction".

Un deuxième facteur fondamental au succès de tout programme d'éducation de vulgarisation est constitué par le personnel chargé de cette vulgarisation. Celui-ci doit être accepté par la collectivité et jouir de son entière confiance. Il est évident que les travailleurs qui sont déjà sur le terrain offrent cet avantage par rapport aux nouveaux venus qui doivent consacrer le temps et les efforts nécessaires à leur adaptation complète. Une manière d'agir est d'aider la collectivité à satisfaire "ses besoins ressentis", une autre est de lancer un programme éducatif qui soulignerait toutes les habitudes qui en fait sont bénéfiques et les développerait au maximum avant de traiter de questions plus difficiles.

L'on se demande souvent pourquoi un programme d'éducation de vulgarisation semble rarement recueillir le même succès que les campagnes publicitaires commerciales. Là encore, cette question est insuffisamment connue. Mais il est bon de souligner que la publicité peut introduire un stimulant par crainte, soit ouvertement, soit sous une forme déguisée. C'est ainsi qu'il est courant de dire, dans la publicité : "si vous ne prenez pas tel ou tel aliment, vous ressentirez tel ou tel effet nuisible", que ce soit énoncé clairement ou plus souvent implicite, à des degrés variés de subtilité. En outre, faire appel au "prestige" revient en partie à faire appel à la crainte, crainte de ne pas être considéré aussi bien que son voisin, ce qui signifie que l'on est différent de son groupe ou de sa collectivité, c'est-à-dire contraire à "l'instinct du troupeau" qui, pour de bonnes raisons, est un instinct fortement marqué chez les êtres humains. Il convient de remarquer que le fait d'être au-dessus de la moyenne pour un groupe est aussi acceptable que souhaitable. Etre inférieur à la moyenne entraine la crainte d'être rejeté, et nombreuses sont les publicités qui ont recours à cet argument à leurs fins commerciales.

On pourrait illustrer les généralités ci-dessus énoncées en étudiant un projet d'éducation en matière de nutrition dans un endroit où le kwashiorkor est une maladie répandue; cet endroit en général se situera dans une zone de forêt ou de savane plantée d'arbres, avec un degré hygrométrique élevé. La nourriture de base sera constituée par des racines féculentes ou des bananes plantains ou les deux. La culture des légumes riches en protéines sera insuffisante. Les aliments d'origine animale ne seront produits qu'en petites quantités et seront à un prix élevé sur le marché. Des croyances et des tabous peuvent prévenir la population contre ces produits, tout au moins contre leur utilisation pour les enfants. Le sevrage sera probablement tel que l'enfant, privé du sein de sa mère, sera immédiatement mis à un régime alimentaire composé entièrement de plantes féculentes. Les aliments de "prestige" du sevrage peuvent être des produits onéreux - onéreux car ils sont soit importés ou transportés sur de longues distances. On pensera peut-être que l'origine du kwashiorkor est une grossesse récente ou une naissance - peut-être accompagnée d'un sentiment de jalousie de la part de l'enfant "déplacé". Les conditions sanitaires seront telles qu'elles entraineront une mauvaise hygiène avec diarrhée, paludisme, parasites intestinaux, maladies infectieuses, rougeole, en particulier.

Dans une telle situation, l'amélioration devrait porter sur les points suivants :

a) production accrue et disponibilité de légumes riches en protéines;

b) production accrue de produits animaux et augmentation du pouvoir d'achat de la population permettant d'acquérir ces produits en plus grande quantité;

c) modification des habitudes alimentaires pour le sevrage et après le sevrage;

d) amélioration des conditions sanitaires et d'hygiène.

Insister sur un seul de ces éléments ne suffira certainement pas si l'on veut réaliser l'objectif escompté, à savoir réduire jusqu'à élimination le kwashiorkor, même si certaines recherches effectuées sur le terrain suggèrent que beaucoup peut être obtenu en insistant sur le point (d), c'est-à-dire l'aspect sanitaire et l'hygiène. Le succès sera d'autant plus probable que l'on essaiera d'enregistrer des résultats en partant de plusieurs fronts. De cette manière, on peut mieux tenir compte et plus facilement des "besoins ressentis" de la collectivité. (Se reporter à l'article du Lésotho qui offre un exemple d'une telle méthode).

Il convient de faire remarquer que des quatre aspects essentiels mentionnés ci-dessus, les points (a), (b) et (d) demanderont non seulement un personnel plus nombreux sur le terrain, mais aussi des dépenses en capital soit de la part du gouvernement, soit de la part des membres de la collectivité même. Voilà encore probablement une autre raison pour laquelle les programmes d'éducation en matière de nutrition n'ont pas souvent progressé. Parce qu'en apparence, ils sont moins onéreux, ils ont été essayés isolément.

Ce programme devra donc commencer dans les endroits suivants : a) hôpitaux et dispensaires où les mères des enfants malades sont mieux en mesure de se rendre compte du problème; b) foyers, et en premier lieu ceux dans lesquels se trouvent des enfants malades. Les problèmes peuvent y être soulignés à l'attention de toute la famille; c) fermes, où l'on discutera de l'amélioration de la production alimentaire; et d) écoles, où l'éducation sera intensifiée.

Il conviendrait dès le départ de se concentrer spécialement sur les "besoins ressentis", que ce soit dans un foyer ordinaire ou dans une ferme ou ailleurs - tel par exemple le besoin de créer un dispensaire dans le village.

L'éducation devrait se développer graduellement, étape par étape. Chaque étape devrait être jugée pour voir si elle est comprise et acceptée, avant de passer à l'étape suivante. L'enseignement devrait toujours être pratique, non seulement dans ses méthodes mais encore dans son contenu : par exemple, les aliments utilisés devront toujours être des aliments locaux, que l'on peut se procurer facilement.

Si l'on commence au dispensaire, on peut montrer des cas de kwashiorkor et expliquer aux mères de famille la cause de cette maladie. Lorsque l'on croit que le kwashiorkor est provoqué par une autre grossesse, on peut invoquer des cas où la grossesse n'est pas à l'origine du kwashiorkor pour miner cette croyance. En même temps, on peut traiter simplement par des moyens diététiques au moins des cas pris à leur début, et renforcer ainsi l'explication de la vraie cause. Il conviendrait d'enseigner des méthodes améliorées d'alimentation, avec démonstration à l'appui. Les mères de famille devraient y participer et il serait bon qu'elles donnent sur-le-champ les plats préparés à l'enfant. Ce serait l'idéal que ceci se fasse régulièrement et fréquemment pour entraîner et prouver une réduction de l'incidence du kwashiorkor (se reporter à l'article suivant : L'Education en matière de Nutrition en P.M.I.).

Entre-temps, des visites dans les foyers permettront d'instaurer des discussions avec toute la famille et en particulier sur la question des aliments nécessaires. Il se peut qu'à ce stade il soit possible d'introduire un élément économique pour stimuler la population à cultiver ces produits et de souligner que la commercialisation d'une partie d'entre eux lui permettra de posséder plus d'argent liquide. Il faut faire le plus grand effort pour trouver un stimulant qui soit satisfaisant et qui entraîne cette augmentation de la productivité sur la ferme. Ensuite cette partie du programme peut se dérouler tout comme un programme de vulgarisation agricole normale. Mais sans cet élément, le succès du programme est sans cesse compromis.

En même temps et parallèlement, les activités des autorités sanitaires devraient également, dans la mesure du possible, être déployées dans les foyers; ceci en général, est bien venu et bien accepté. Les améliorations des conditions d'hygiène, y compris l'hygiène de l'emmagasinage et de la préparation des produits alimentaires, les vaccinations, les immunisations etc... non seulement sont un bien en soi, mais contribuent à créer une atmosphère bénéfique au programme dans son ensemble. Pour certains aspects de ce travail, les autorités sanitaires peuvent accepter l'assistance précieuse des travailleurs sociaux et du développement communautaire, en particulier du responsable de l'enseignement ménager dont le rôle est important.

Pendant cette période, on peut insister sur l'éducation en matière de nutrition dans les écoles, utilisant l'autorité et le prestige de l'instituteur pour renforcer l'importance et l'efficacité des activités menées dans les foyers et dans les fermes. Les personnalités du village, y compris non seulement les dirigeants traditionnels tels que chefs et anciens, mais également certains membres de la collectivité connus pour être prêts à essayer de nouvelles idées devraient être intéressés au programme dès les premières phases, et ceux qui auront participé à tout succès devraient être cités comme témoins de l'efficacité des nouvelles idées.

En outre, tous ceux qui travaillent dans le cadre du projet devraient se réunir fréquemment afin de mettre en commun leurs idées et leur expérience et discuter de ce qui s'est révélé efficace et de ce qui s'est heurté à une certaine résistance de la part de la population. Ce genre d'évaluation mérite qu'on y consacre un certain temps, car elle permettra que la mise en oeuvre du programme progresse plus rapidement en d'autres endroits et plus efficacement, et donc à moindres frais. Outre les réunions entre membres du personnel du projet, il serait bon que des membres du personnel rencontrent un certain nombre de membres choisis de la collectivité au sein d'un comité local afin qu'il puisse y avoir un double échange de vue et d'expérience.

3. Le Comité de Coordination.

Tout au long de cet article, on a insisté sur la nécessité d'adopter une optique interdisciplinaire vis-à-vis de l'éducation en matière de nutrition. En pratique, cela signifie une optique inter-ministérielle, et il est nécessaire de coordonner les activités de chaque ministère. C'est pour cette raison qu'il conviendra de former un comité inter-ministériel pour la nutrition.

Si un ministère, en général celui de la santé, peut prendre l'initiative de la création de ce comité, l'expérience a montré qu'un comité inter-ministériel, fonctionnant sous l'égide de l'un des ministères membres, donne rarement les résultats escomptés, à savoir une optique coordonnée capable d'améliorer la nutrition dans le pays. Les raisons en sont évidentes. Les autres ministères membres du comité se considèrent comme les consultants du ministère à l'origine de la création du comité et non comme partenaires égaux dans une activité commune. Cette attitude mentale les amène à choisir fréquemment des représentants d'un rang relativement subalterne et à adopter une certaine réticence en ce qui concerne la mise en oeuvre des recommandations élaborées : ils les considèrent comme des instructions et s'y opposent donc.

La seule manière d'éviter cet ecueil est de créer ce comité de façon que tous les ministères se considèrent comme des partenaires égaux. Le comité devrait donc être responsable, soit vis-à-vis du Chef de l'Etat ou de son Bureau, soit vis-à-vis d'une sorte de super-ministère, telle une Commission de planification, même s'il peut faire rapport par l'intermédiaire d'un de ses ministères membres. Il conviendrait également de veiller à ce que le Président du Commité ne soit pas attaché à titre permanent à un des ministères.

Pour importante qu'elle soit, la coordination de l'éducation en matière de nutrition n'est pas la fonction première de ce comité. Sa tâche essentielle est d'évaluer, avec les preuves qu'il possède ou les renseignements qu'il peut recueillir les moyens permettant d'améliorer l'état nutritionnel. Les conseils qu'il peut prodiguer à ce sujet ou pour tout autre question comportant un aspect nutritif (telles que les politiques d'exportations ou d'importations) devraient être référés à son autorité supérieure établie. Au fur et à mesure que les plans sont mis en oeuvre, le comité évalue les implications d'ordre nutritionnel et les activités de chaque ministère intéressé peuvent alors être définies en conséquence et de commun accord. Il convient donc pour cela que chaque ministère soit représenté au niveau le plus élevé.

En ce qui concerne un programme d'éducation en matière de nutrition, les fonctions de ce comité inter-ministériel devraient être maintenant suffisamment claires. En premier lieu, il doit recommander un tel programme. Une fois celui-ci accepté, il doit décider des principales activités et dans le cadre de celles-ci, les ministères doivent décider de celles qui leur incombent. Ceci établi, les détails du contenu et des méthodes de l'éducation peuvent être laissés à la compétence d'un sous-comité de l'enseignement qui pourrait être composé des fonctionnaires principaux de la vulgarisation agricole du ministère de l'agriculture, de l'éducation sanitaire du ministère de la santé, de l'enseignement ménager et de la science du ministère de l'éducation et de l'enseignement ménager du ministère du développement communautaire. Ce sous-comité serait chargé de la liaison avec le comité local de la zone pilote. Il se peut qu'au fur et à mesure que le programme prend de l'expansion, la liaison entre les comités locaux et le comité central doit passer par un comité régional.

Conclusions.

L'importance et l'efficacité de l'éducation en matière de nutrition dépendront directement de l'interprétation que l'on fera du mot éducation. Si on la considère comme purement le fait de dire à la population quels aliments elle doit manger, son effet sera limité car très peu nombreux sont les cas de malnutrition dûs au fait que la population ne sait pas ce qu'elle doit manger. Si on la considère comme une éducation tendant à éliminer les causes de malnutrition et de sous-alimentation, il y a de plus grandes chances pour qu'elle suscite des améliorations. Et dans cette perspective élargie, elle occupe une place importante dans les programmes généraux de développement, dans l'augmentation de la productivité, dans l'amélioration des normes sanitaires et des niveaux de vie. Il est nécessaire de penser en termes larges à l'objet de l'éducation destinée à améliorer la nutrition tout comme il est nécessaire d'arriver à coordonner entièrement chacune des activités déployées dans le domaine de la nutrition.

Nutritional education in Africa

(Summary)

Telling people what they should eat must not be the only aim; we should also try to eliminate the causes of malnutrition and insufficient nourishment.

For this purpose, three steps must be followed :

1) To realize clearly what are the exact difficulties the country has to cope with as far as malnutrition is concerned, according to the differences between the different geographical areas and the rural and urban areas ; to find out the causes of these problems ; to provide for solutions in the educational areas.

2) To define with precision the contents of the pedagogical methods to be used as far as the education of the children at school and the adults at home is concerned.

3) To create an interministerial committee in order to coordinate the different fields.

For each of these three tasks, the article brings out the general rules which must be observed and the concrete means to be used.

Educación sobre nutrición en África

(Resumen)

Para educar la población no hay que limitarse a indicarle cuales son los alimentos que tiene que tomar, sino que hay que procurar eliminar las causas de malnutrición y desnutrición.

Tres medidas a tomar :

1) Formarse un concepto muy claro de los problemos de alimentación que se plantean en el país, teniendo en cuenta las diferencias entre las zonas geográficas y entre las zonas rurales y las urbanas ; y establecer las causas de dichos problemas ; y prever la solución en los sectores que corresponden a la educación.

2) Definir con precisión el contenido de los metodos pedagógicos para la educación escolar de los niños y la extra-escolar de los adultos.

3) Crear una Comisión interministerial que atienda a la coordinación entre las disciplinas.

Para cada cometido el artículo destaca con precisión las normas generales que observar y los medios concretos que emplear.

Reprinted from *Journal of biological education*, vol. 4, no. 1, 1970, p. 1-10

An Ecological Approach† to Biology

ERIC CAULTON
Napier College of Science and Technology, Edinburgh

1. Introduction

I do not regard the 3 approaches (human, ecological and experimental) of this symposium as mutually exclusive or in any sense competitive, but essentially complementary. For example, we ourselves as individuals, are examples of ecological experiment—living for the most part, in a society in a rapidly changing man-made environment (Lewis & Taylor, 1967). Therefore the human approach is very important to our overall understanding of biology. That experiment is an integral part of the study of living organisms—and biology is just that—needs no further comment, and its importance in the ecological approach will be touched upon later, though I do not propose to do more than put it in its setting, as this approach is the consideration of the final contribution to this symposium.

I propose to deal with the subject of this contribution by posing 3 questions and attempting to answer them in the light of past and current teaching experience and background reading:

(1) What is ecology?
(2) Why teach ecology?
(3) How do we teach ecology?—implying also when and where?

2. What is Ecology?

Charles Elton (Elton) defined ecology as, "A new name for a very old subject. It simply means scientific natural history". Just how old this subject is may be judged when one reads the writings of Aristotle on marine animals, and also those of his pupil and successor at the Athens Lyceum, Theophrastus. Spanning the fourth, third and second centuries B.C., these two writers were seen to be keen observers of the natural scene. Aristotle was both an acute and an able observer, two important ingredients in the make-up of any ecologist. Theophrastus in his "Enquiry into Plants" and in the fragment, "Concerning Weather Signs", clearly relates both plants and animals to their environment, and gives many instances of behavioural responses to environmental change.

---

† Based on a paper given on 30 April 1968, as a contribution to a Symposium on, "Introducing Biology to the School", at Moray House College of Education, Edinburgh.

Nearer our own time, Charles Darwin carried out extensive observations and experiments in the field with respect to earthworms, insectivorous plants, climbing plants and numerous flowering plants, including Orchids.

Some 5 years ago, Eugene Odum (Odum, 1963), the American ecologist, referred to ecology as "The study of the structure of Nature". Most recent works emphasize the interrelationship between organisms and environment. Ecology is thus an all-embracing concept, involving as it does the organism on the one hand at individual and population levels, and the physico-chemical environment on the other. It can straight away be seen to be a subject which bristles with difficulties in its own right by its very magnitude and depth, but all the more so when it has to be taught within the confines of the early school years, with associated problems of geographical location and timetabling thrown in for good measure.

3. Why Teach Ecology?

There are a number of answers to this question. One is that children come to realise at a very early age that they share their environment with numerous other living things having much in common with themselves, e.g. movement, feeding, response to the world around them. Later they come to appreciate plants as living things too, but with fundamental differences from themselves and other animals. In our own children, a love of animals and a desire to keep them and learn about them is a national characteristic, for which we are somewhat renowned. This characteristic persists into adulthood alongside a developing interest with age in the growing of plants. The pet-foods and gardening industries bear witness to these national passions! With this tremendous inborn advantage, it seems perfectly reasonable that our youngsters should be introduced to biology along ecological lines, building on the foundations of nature study laid in the primary school, but adding experiment and deduction to their increasing abilities of critical observation and recording.

A second reason for teaching ecology lies in the growing awareness of the importance of understanding the principles involved, for the future welfare of man and the living world around him. Peter Farb (1963) considers "that . . . in the next 10 to 20 years, ecology may well become the most popular of sciences and the term 'ecology' a household word to those masses who today are ignorant of both the word and its meaning".

One likes to think also, that a discipline, such as ecology (Lambert, 1964) should be taught for its own sake, because "it is good for the soul", apart from reasons such as "national characteristics" ("we ought to do ecology—they expect it of us—it 'is un-British not to!' "), or for ultimate national/international need. Even if children are approaching their biology through ecology, and have no great feeling for living organisms and what makes them "tick", but are endlessly fascinated by mechanical gadgets and have gifts in this direction, there is almost limitless scope for their talents in devising field and laboratory apparatus for mensuration, observation and experiment. It is surprising how ecology may hold their interest provided they can make their contribution in accordance with inclination and ability.

As already mentioned, ecology is based on principles which are being rapidly established, and only now becoming clearly understood and formulated. Much of what we think we understand now or may be tempted to take for granted (a dangerous approach), may have to be abandoned in the near future as investigations progress.

Nevertheless, teachers of ecology have got together and suggested themes which should form the basis for programmes of work drawn up subsequently. The themes follow those principles which have emerged in the past 2 or 3 decades concerning distribution, variation, behaviour, dispersal, food chains/webs, competition, etc., not as isolated topics or aspects, but as links in a circular chain (see High School Biology, 1963; Nuffield Biology, 1966-67; Dowdeswell references, 1967).

Therefore, fostering a natural interest in plants and animals, young people can be trained in accurate observation, recording, experiment and deduction, using both field and laboratory, and applying the allied disciplines of chemistry, physics and mathematics, to the solution of problems, and the drawing of conclusions. In short, a thorough training is possible in the classical concept of scientific method.

Another reason for the ecological approach to biology is, that it, like the experimental approach (which of course, it embraces as an integral part), can be carried out by the children themselves at their own level. Uniquely, it can at most levels, contribute to scientific knowledge. Perhaps one of the current reasons for the present move away from science studies in our older schoolchildren, may be the feeling that they can personally contribute little to science that is original until a long period of training and successful study is concluded, and they are enabled as a result, to embark on post-graduate research. It is quite possible for schoolchildren (and amateur adults for that matter) with keen observation and endowed with infinite patience, to make exciting discoveries, not only for themselves, but as contributions to knowledge, through ecological studies. The country's school and town Natural History Societies bear widespread witness to this.

E. CAULTON

4. How Do We Teach Ecology?

A. *Principles of approach*

How *do* we teach ecology in the introductory stages of a school with the ever-present restrictions of time-table and the not unreasonable demands for due attention to other subjects, and the vagaries of geographical location? Problems of what to do and when to do it arise. These cannot of course be considered in isolation. Ecology to be well organized must be backed by laboratory, library and museum.

Observations and recordings should of course be made in the field where problems will be posed and hypotheses formed. The solution to these problems may lie in experimental work in the laboratory under controlled conditions. It is not proposed to add further to this latter aspect, but it is a vital part of the whole discipline, and essential to the understanding of ecological principles mentioned earlier.

There are two ways of approaching ecology at this level: the individual organism/close-knit group of organisms, and the environment. These are generally termed the autecological and synecological approaches respectively. In actual fact these are not mutually independent but are complementary, and are merely two aspects of the whole. Examination syllabuses from time to time, make mention under ecological sections of "well-defined habitat", or even "simple habitat". One of the first things that one comes to appreciate in ecology, is that few environments may be "well-defined", and certainly none known to me may be described as "simple". Because of this fact, it is perhaps more satisfying to encourage children to study a particular species or group of animals, e.g. spiders, woodlice, beetles, within a given restricted habitat rather than to begin with the somewhat empirical environment/habitat approach that is quite commonly found (Wilson, 1965; Brady, 1965). To a youngster, a habitat will seem overwhelming in its complexity of species of animals and plants, let alone the physical and chemical factors involved. Thus from the confines of a relatively restricted autecological study, an appreciation of what constitutes the habitat may emerge from noting the associated animals and plants, fluctuation in numbers and distribution within the habitat, ideas of competition, queries as to dispersal, and also possibly, variation, although in a restricted habitat this may not be too apparent. In advocating an autecological approach to our introduction to biology through ecology, I am anxious to avoid overwhelming the pupil and possibly damping the enthusiasm which I would hope to arouse and nurture. Faced with a plethora of organisms to sort out and relate the numerous environmental factors involved to their distribution, numbers, etc., is to invite eventual boredom and frustration. Synecological studies are I think more within the province of the older student further up the school, who has gained experience in observation, recording, experimenting, through earlier investigations based on individual organisms in a given habitat.

It is here, where I think we too often go wrong. Ecology in many instances consists (or has to consist) of a visit or a very few visits to a given habitat—woodland, sea shore, pond, stream, or even a piece of waste ground—exhaustively recording the species of plants and animals present, perhaps mapping a portion or carrying out some simple quadrat or line transect analysis. This work done, the pupils return home quite satisfied with the day or half-day's effort. There *is* value in this approach, but only in that we widen the pupils' horizons and introduce different habitats with characteristic flora and fauna. As a supporting programme, it has much to commend it, but it is not itself ecology. The one principle and all important factor to my mind that is missing is time. Hence, it is suggested that we should make our ecological approach with a particular class of children, through *regular visits*, at least once per season, over a period of 1 or 2 years. This means that our chosen habitat for autecological study should be handy, if possible accessible within the double periods of the timetable. If this is not possible, then visits will have to be less frequent, perhaps seasonal, with special arrangements made for half-day visits.

In selecting a suitable organism for an autecological study, the local environment will determine which animals or plants are the commonest and most frequently seen. Such common weeds as groundsel, dandelion, poa, broad-leaved willow-herb, knotweed, etc., can all readily be found on and around walls and pavements. Woodlice, earthworms, spiders, ground beetles and earwigs are animals which may readily be found in habitats associated with the ones mentioned above for ruderals.

The studies on individual animals and plants can fall into two categories: field and laboratory. The field work might involve counting the number of plants in a given area within a given period of walking time; assessing the degree of cleanliness of leaves or the amount of infestation with insect/spider nest-webs, or the cover of leaves by powdery mildew; measuring the size of plants (overall height or sample leaf length); counting the number of flowers or capitula. Alternatively, if animals are chosen, similar approaches may be made with respect to numbers and size. Laboratory studies can be undertaken by a section of each group. Weeds might be studied individually to plot the rate of growth under varying controlled conditions; seed viability for sample batches (e.g., 100) gathered at the appropriate fruiting time; seed and fruit dispersal mechanisms. On the animal side, laboratory studies can embrace the effect of light and dark; habitat preference; food requirements and feeding mechanisms; humidity tolerance. Recent compilations by the Nuffield Foundation (see reference), especially Volume 1 of Nuffield Biology (including the Teachers' guide) provide excellent suggestions covering work both in field and laboratory.

It is essential that field and laboratory work be correlated to emphasize the link between the two—that there is one overall problem which has been investigated both outside with observation and inside by experiment. The final report should demonstrate this dual but linked approach very clearly.

Youngsters working singly or in pairs on an autecological study in a limited habitat will as a class pooling their individual efforts, be able to contribute much to the establishment of an overall picture of the environment, and thereby gain some insight into the concept of environment. This approach therefore, while basically analytical, involves synthesis. Whilst much of the observing, recording and mapping will be done in the field, there will still be much to be done by way of experiment. The laboratory thus becomes an extension of the field. This should be the relationship in ecology. Experiment will be a necessary concomitant to establishing some of the answers to the questions posed from observation and measurement in the field. Challenges to individual initiative and skill will doubtless be involved, and the gadget-minded youngster will come into his own.

From the foregoing, 3 points have emerged: the selection of a limited habitat with as few variations within as to make it a workable proposition, e.g., a fallen log with loosening bark, leaf litter, a patch of garden soil, a restricted portion of waste ground. Second, the site should be accessible for working in at regular intervals, and, last, with the approval of the pupils involved, the selection of certain organisms for individual study. Children do have likes and dislikes with respect to animals, and at this stage, encouragement to do what they would like to do is the more likely way to develop and sustain interest and achieve results.

This is the start. Much background information will be required concerning the particular habitat, e.g. location, origin, history, geology, use by man, etc., as appropriate (Perry *et al.*, 1968). The acquisition of such information for the background to the individual studies may appeal to some pupil or pair as their contribution, and involve visits to the site for measurement and subsequent mapping, and visits to the local reference library, where necessary. Alternatively, this may have to be the teacher's contribution. The sessions in the laboratory should be very busy, entailing not only experimental work, but identification and searching for background information on the particular organisms selected for study. Thus the work takes on the form of a project, to which each individual or pair contributes to the whole. Periodic discussion will result in the pooling of information and results, and the eventual compilation of a general picture of the environment. Each year will have its gaps, but a consistent approach over years carefully documented with maps, drawings, descriptions, photographs, etc., will result in a pretty deep and broad study of the habitat. One schoolmaster following this approach, has reviewed a project in its eleventh year, when the record book was near completion (Wilson, 1968). To it each year, came the current batch of ecological recruits, searching for information to complement their own work, and in time make their own contributions.

Most ecological studies however, will occupy a shorter, more intensive period of the overall time available. An individual class of say, 30 pupils of varying ability presents problems when put to work on projects of this kind. One thing is certain, that projects which involve personal activity and participation, are stimulating to children, in the same way that research is to the adult investigator. The initial selection of a topic or topics to be studied, will result from visits to suitable field sites in the neighbourhood of the school. Preparative discussion and background reading and reference will lead to the definition of problems to be investigated. The class will have to be divided into groups—one per project, and each group into working units, say pairs of pupils. Each pair will tackle one particular aspect of the project, either in the field or in the laboratory or perhaps in each successively. Suitable report sheets for recording observations, data, etc., will have to be designed by each group beforehand, and then duplicated for group use. A final summary sheet may also be required. The teacher's role in this should be as supervisor and adviser to each group. The group leaders should be chosen if possible by the pupils themselves, who are more likely to work enthusiastically under one of their own choice. He or she will co-ordinate the activities of the individual pairs of pupils involved and report progress at regular intervals to the teacher. It is essential that each member of the class has an active part to play and is assigned a task suited to his or her ability. The brightest members of the class will more than likely be elected group leaders.

It is important if results are to be obtained and presented in a form suitable for use (or subsequent exhibition) that the project in each case should be limited in scope and clear cut. There is always a danger that over-ambitious projects may get out of hand and result in a meaningless welter of facts and data, which only serves to dampen the much-needed enthusiasm in the final stage. The teacher should emphasize the importance of making a satisfactory presentation of the results. There is scope here for the practical and artistic members of the class.

No reference has so far been made to one important feature of all ecological work, save for a passing reference at the outset to the Theophrastus fragment, namely the role of the weather, or as ecologists normally refer to it, climate. Where environmental studies are undertaken, whether they be geographical or biological in nature, meteorological data is essential. Sunshine, wind, rainfall, relative humidity, frost, etc., are all pertinent, and data should be available throughout the year. If the school does not keep such records, the local City or Borough Engineer's Department is usually only too happy to provide such data by private arrangement—at least this has been my experience in the past. Within the habitat, finer data may be required, but at this stage, refined measurements should not be involved; apparatus should be kept reasonably simple, readily understood, and easily handled. There is always the temptation to use complicated apparatus and methods, often, one suspects, for its own sake rather than any intrinsic merit. The whole question of apparatus at this level should be guided by the principle that if a simple home-made piece of equipment will do the job required as efficiently (or within the limits of required efficiency, regarded as reasonable for the level of work), then it should be made and be used by the children, rather than the expenditure of undue sums of money, which can be allocated to more essential sophisticated equipment. There is however, a time and place for the influence of Heath Robinson as "patron saint" of ecology! Each situation demands individual consideration.

B. *Method of approach*

Adequate advance preparation by both teacher and pupil is necessary. A visit to the nearest zoo can be a very valuable experience provided the visit has a pre-arranged purpose. To view with a purpose, however limited, is to be preferred to just aimless looking. This is one lesson that must be learned. The value of reading beforehand and alongside is immense. The local museum can play a valuable supporting role here too.

There is need to collect and record accurately observations made on the selected species/group. Care should be taken to avoid depleting the habitat, especially when it is a restricted one. The bare minimum of collecting should be done, and if possible, all excess specimens should be returned to their habitat as soon as possible. Conservation consciousness cannot begin too soon. The purpose of collecting is twofold: one, to facilitate identification, and two, to make reference collections for future work—such a collection will comprise a school ecology museum/herbarium and should be available in the laboratory for easy reference.

The need to maintain adequate and accurate records—preferably on a diary basis—should be obvious.

The devising and carrying out of experiments arising from and relevant to the study should be encouraged. Both successful and unsuccessful experiments should be recorded. Negative results can often be of positive value.

Underlying all the method should be the pupils' originality; the pupils' own observations should be dominant.

The use of technical terms has been deliberately avoided, particularly those in current use in ecology. Our aim is not to blind children with science or to sharpen their wits on complicated terminology, which may not be understood anyway at this level. Straightforward, precise, descriptive language is always to be preferred to technical jargon, which often may be suspect. With regard to plant and animal names there is no reason why generic names should not be used, many of them are very simple anyway. The few more difficult tongue-twisting ones may have novelty value. The origin of the names used is sometimes helpful as an aid to understanding, as they do have meaning.

Finally, I would like to comment on two other important aspects of ecological studies, namely the role of the library and the museum.

Children are usually no strangers to books at this stage of their careers, having spent several years looking up reference books for various bits of information on topics currently studied. This is often a popular homework—at least from the teachers point of view! Three types of books will be involved in any ecological study:

(a) keys for identification of specimens;
(b) reference books for background information;
(c) laboratory guides and manuals.

The first type vary enormously in standard, according to the detail required. It should be the aim to have available a number of copies of each of the better known elementary books with keys covering the major groups of animals and plants. One calls to mind such series as the *Observer*, *Wayside and Woodland* and *The Young Specialist Looks At . . .* books. One copy of each of the more advanced general keys for use by the teacher should be available—e.g. Eales' *Littoral Fauna*, Mellanby's *Freshwater Biology*, Watson's *British Mosses and Liverworts*, and the various Collins Pocket Guides. The school library should have for background reading such works as the excellent Collins New Naturalist and New Naturalist Monograph series. These cover a very wide range of animals and plants and habitats. Children should be encouraged all along the line to work on their own with simple keys, progressing as they feel able to more complex and critical keys. Both Nuffield and BSCS schemes (see references) have already produced excellent practical guides for ecology work in the laboratory. Books like Bibby's *Simple Experiments with Animals* are most useful.

Reference has already been made to the value of museum and herbarium for ready reference in the laboratory. These should ideally be arranged on a habitat basis, not a taxonomic one. The local museum is frequently the source of expertise, apart from its exhibits, in many aspects of biology. Much depends of course on the museum and the funds available for staff and facilities.

All this takes time over and above that available within the school hours available. Teachers are busy people and progress may therefore be slow. Nevertheless, the effort must be made and sustained. The ultimate rewards are great and immensely satisfying. Much depends on the individual teacher's dedicated enthusiasm.

Children very soon come to realise the destructive power that they have as human beings over their environment (Carson, 1967; Mellanby, 1967; Wilson, 1968). It is because of this, that if I were asked personally to give one reason for teaching ecology—especially to make this the approach to biology for children—it is that I want children, and later adults, to care about their living environment. Albert Schweitzer's principle of reverence for life is much needed in the present day world. Only by coming into close contact with the living environment and studying it, can children come to understand it, and understanding is a prerequisite for caring—caring, not only because it is to their ultimate advantage for survival as human beings, but because it is their heritage. Children should be encouraged to think that to be conservation-minded is to be on the side of the angels—or to put it in contemporary language, to be "with it".

References

Brady, C. (1965). *Sch. Sci. Rev.* **46**, 160.
Carson, R. (1962). *Silent Spring.* London: Penguin (1965).
Dowdeswell, W. H. (1967). *Sch. Sci. Rev.* **48**, 165.
Elton, C. (1927). *The Ecology of Animals.* London: Sidgwick & Jackson.
Farb, P. (1963). *Ecology.* Life Nature Series.
High School Biology (1963). *Biological Sciences Curriculum Studies* (*Green Version*). London: John Murray.
Lambert, J. M. (1964). *Sch. Sci. Rev.* **45**, 157.
Lewis, T. & Taylor, L. R. (1967). *An Introduction to Experimental Ecology.* London: Academic Press.
Mellanby, K. (1967). *Pesticides and Pollution.* London: Collins.
Nuffield Biology (1966-67). *Texts I-V.* London: Longmans-Penguin.
Odum, E. P. (1963). *Ecology.* New York & London: Holt, Rinehart & Winston.
Perry, G. A., Jones, E. & Hammersley, A. (1968). *The Teachers' Handbook for Environmental Studies.* London: Blandford.
Wilson, E. A. (1965). *Sch. Sci. Rev.* **46**, 159.
Wilson, R. W. (1968). *Sch. Sci. Rev.* **44**, 168.

Une approche écologique de la Biologie

E. Caulton

(Résumé)

Il est possible et peut être souhaitable d'envisager l'étude de la Biologie en partant de notions d'Ecologie. Mais il convient avant tout de réfléchir à un certain nombre de questions.

Qu'est-ce que l'Ecologie ? - C'est l'étude de la structure de la nature (ODUM, 1963). Cela regroupe un grand nombre de notions, depuis l'étude de l'organisme jusqu'à celle des populations et jusqu'à l'analyse physico-chimique du milieu.

Pourquoi enseigner l'Ecologie ? - De nombreuses raisons peuvent être à la base de cet enseignement :

- très tôt les enfants s'aperçoivent que le milieu dans lequel ils sont est peuplé d'autres êtres vivants qu'ils désirent connaître;
- dans le but d'améliorer le bien-être de l'homme et des êtres vivants, il est nécessaire d'avoir une conscience croissante des mécanismes qui nous entourent et d'en comprendre l'importance ;
- il est également souhaitable que l'Ecologie soit étudiée pour elle-même ;
- c'est une approche expérimentale que des enfants peuvent mener à bonne fin.

Comment étudier l'Ecologie ? - En dehors de l'étude sur le terrain, il sera nécessaire tout au long de l'analyse de contrôler et d'approfondir son travail au laboratoire et de faire appel aux ressources mises à la disposition de tous par les bibliothèques et les museums.

Il existe deux façons d'aborder les problèmes : soit de s'attacher à l'étude du comportement de l'organisme vis-à-vis des facteurs du milieu (autécologie) soit d'étudier le comportement des organismes au sein des communautés où ils vivent (synécologie).

Les élèves travaillant individuellement ou par groupe de deux, devront se limiter à l'étude d'un site de taille réduite et facilement accessible. Chaque élève devra avoir un rôle actif à jouer et attacher un grand soin à une bonne présentation des résultats.

Dans certains cas, il pourra être utile d'étudier le rôle de certaines conditions externes et d'utiliser pour leurs mesures des appareils de conception simple.

Ceci demande une bonne préparation tant de la part des enseignants que des élèves ; les succès et les échecs doivent être consignés et il convient autant que possible d'éviter l'usage de termes trop techniques.

De telles études devraient inciter les enfants une fois devenus adultes à prendre soin du milieu qui les entoure.

Un enfoque ecologico de la Biologia

E. Caulton
(Resumen)

Es posible y quizá de desear que se enfoque el estudio de la biología partiendo de nociones de Ecología. Pero conviene ante todo reflexionar sobre unas cuantas preguntas.

¿Qué es la Ecología ?- Es el estudio de la estructura de la naturaleza (ODUM, 1963). Ello reagrupa muchas nociones, desde el estudio del organismo hasta el de las poblaciones e incluso el análisis psicoquímico del medio ambiente.

¿Para qué enseñar la Ecología ?- Muchas razones puede tener como base esta enseñanza :

- muy temprano los niños advierten que el medio en que viven esta poblado de otros seres vivos y desean conocerlos.

- para mejorar el bienestar del hombre y de los seres vivos es necesario que tengan una creciente conciencia de los mecanismos que nos rodean y que entiendan su importancia.

- tambien es de desear que la Ecología se estudie para ella misma.

- es un enfoque experimental que pueden llevar a bien los niños.

¿Cómo estudia la Ecologia ?- Aparte del estudio en el terreno, a lo largo del análisis sera menester comprobar y ahondar su trabajo en el laboratorio y acudir a los recursos que las bibliotecas y museos ponen a la disposición de todos.

Hay dos maneras de tocar los problemas ; sea dedicándose al estudio del comportamiento del organismo aislado frente a factores del medio ambiente (autecologia) o sea estudiando el comportamiento de los organismos dentro de las comunidades en que viven (sinecologia).

Los alumnos que trabajan individualmente o por grupos de los alumnos tendran que limitarse al estudio de un emplazamiento de reducida extension y facilmente accequible.

Cada alumno tendra que desempeñar un papel activo y cuidará sumamente la presentación de los resultados.

En ciertos casos, será conveniente estudiar la función de ciertas condiciones externas y utilizar aparatos de sencilla concepción para calcularlas.

Esto requiere buena preparación tanto por parte de los profesores como de los alumnos ; anotarán los exitos y fracasos y conviene evitar en lo posible el empleo de terminos demasiado técnicos.

Dichos estudios incitarían a los niños, una vez adultos, a cuidar del medio que les rodea.

Reprinted from *American zoologist*, no. 10, 1970, p. 9-15

Evolution and the Ecosystem

REZNEAT M. DARNELL

Departments of Oceanography and Biology, Texas A&M University, College Station, Texas 77843

SYNOPSIS. Long-range stability in natural communities is mediated through avenues of communication. One of the most important pathways of communication involves nutrient exchange, although other types of communication are suspected as being of considerable importance. The potential role of special "regulator species" in community stabilization is discussed and illustrated with two original examples, one dealing with brackish-water communities of the North Carolina coast, and the other dealing with communities of the piedmont streams of eastern Mexico. The significance of multi-species groups in evolution is also considered in the second example. It is suggested that the functional ecosystem is the fundamental selectional unit of evolution and that evolution proceeds by mutual adjustment of ecological entities into harmonious systems with some degree of permanence.

A logical framework has been developed for understanding the nature of species and the processes of speciation. Embracing the fields of genetics (Dobzhansky, 1941) and systematics (Mayr, 1942), this framework is essentially two-dimensional. It has long been recognized that the environment plays a prominent role in speciation and long-term evolution, and indeed, much information from natural history has been incorporated into the genetic-systematic framework. It is a recognizable fact, however, that the formal field of ecology is developing with little reference to evolution and that the workers in the field of evolution are not party to the new developments in ecology. The dichotomy is dramatically illustrated by the virtual absence of reference to either speciation or evolution in most of the recent undergraduate textbooks of ecology. By implication a major dimension is missing from formal evolutionary theory, and it is my purpose to explore this problem, first examining certain directions of current ecological investigation, then analyzing relevant phenomena observable in natural communities, and finally relating these observations to evolutionary theory.

THE ECOSYSTEM

Much attention is now focused upon the ecosystem as the basic functional unit of ecology, and this attention is directed largely into three channels of investigation: capture and turnover of energy (production and productivity), biogeochemical cycling (especially of mineral nutrients), and modeling of ecosystems (systems analysis and simulation). These studies have been made generally feasible through the use of microbomb calorimeters, radioisotopic tracers, and computers. Together these three approaches should eventually lead to a clearer understanding of the actual working dynamics of natural ecosystems. In point of fact, serious studies of ecosystems are just beginning, and methodology is still a matter of major discussion. Furthermore, whereas considerable information is being accumulated on the matter of primary production, studies of secondary production are still, by and large, in their infancy. It is unlikely that the mathematical models and computer-simulations will hold great relevance to actual field situations until the ramifications of secondary production are fairly well understood, especially since these investigators who are closest to the situation in the field have little facility with mathematics and computers, while the experts in simulation have seldom had wet feet.

Research reported herein was supported in part by NSF grants G-10865, GB-4712, and GB-5255. A portion of the work was carried out at the Duke University Marine Laboratory.

COMMUNICATION WITHIN THE ECOSYSTEM

Of critical importance in understanding long-term community function and ecosystem cycling is the matter of "balance of nature" or, as it is now called, "community stability." The combined experience of field ecologists points to the general fact that, whereas natural ecosystems do undergo certain changes in composition and process, in the long run they maintain a definite integrity. As yet the homeostatic mechanisms are not well understood. It is fairly obvious that stability in population sizes, species composition, and biomass are somehow associated with stability in nutrient cycling, but it is not clear which, if any of these, is the primary agent of stability. Stable populations may lead to a stable system, or a stable system may induce stability upon otherwise variable populations. The search for homeostatic mechanisms is now uppermost in the minds of many ecosystem ecologists, and contributions to stability theory are eagerly awaited. In this vital area the field ecologist should have as much to contribute as the mathematician.

At the outset it may be assumed that whether stability arises from the total functioning system or from the individual species, it is mediated through some means of communication, *i.e.*, through the transfer of information between individuals of the same or different species. Nutrient cycling itself is only one aspect (albeit, a very important aspect) of the communication network in nature. Communication leading to stability may result from nutrient transfer (as the predator receives information from the prey, and *vice versa*), or as any individual in the community produces signals which may be received by any other individual in the community (through chemical, visual, auditory, tactile, and other receptors). Stability in grassland communities, for example, may result in large part, from stimulatory and inhibitory communication between roots in the subsoil rhizosphere where terrestrial plants may carry on their most relevant "conversations." At present we have only inklings of this communication, but enough to assume that natural prairie plant populations are not controlled by browsing alone. To understand stability in animal communities we must tune in on their exchanges of information with plants and with each other. The fact that animal senses are often so much more acute than our own suggests that we are missing a great deal of the information which is passed within and between species in nature, and these signals may be of considerable importance in regulating sizes of populations, rates of nutrient flow, and eventually, system stability. These facts lead the field naturalist to suspect that laboratory populational studies and equations derived therefrom may be synthetic oversimplifications of the drama of nature. If such equations work in the long run they may work for the wrong reasons, but in any event, they seem inadequate to express the day-to-day happenings in the field. It may not be necessary, for example, for a predator to consume a prey animal in order to affect the prey's reproduction. After a narrow escape, the persistent odor, sight, or sound of nearby predators may constitute sufficient stress to suppress reproduction in prey individuals. In fact, reproductive suppression by environmental cues is likely incorporated into the genetic constitution of many wild species. It is reasonable to suppose that when several species evolve together a given species may evolutionarily "tune in" on the intraspecific recognitory cues or other stimuli provided by a co-evolving species. Nor is it necessarily true that populations of potential prey species are unstable in the absence of controlling predators. Interaction of individuals within a species or between individuals of different "prey" species is known to influence reproductive success and survival of the young (Chiang and Hodson, 1950; Christian, 1956).

REGULATORY SPECIES

On theoretical grounds it is possible that community stability may be brought about largely by special "regulator" species. A good candidate for this role would be a lazy carnivore with little patience and broad prey tolerance. Such a predator would cease to feed upon a given prey species when it became scarce and turn its attention to other prey species more easily obtainable, even if less generally desirable. A more effective regulator would be the multivore (no species is an omnivore) which could exploit almost any nutritional opportunity that came along. This regulator could, during off-seasons, subsist upon vegetation or organic detritus and be available in high local abundance to exploit prey species which became seasonally abundant.

Careful analysis of the food habits of fresh- and brackish-water fishes demonstrates that most are opportunistic to some extent and that true regulators do, in fact, exist in the sense that they will quickly dampen major outbreaks of prey species. Among the brackish-water fishes of the south Atlantic and Gulf coasts the Atlantic croaker (*Micropogon undulatus*), spot (*Leiostomus xanthurus*), blue catfish (*Ictalurus furcatus*), and sea catfish (*Galeichthys felis*) have exceptionally broad food tolerances, but the prime candidate for a regulator species, at least in the shallow grassy flats, is the pinfish (*Lagodon rhomboides*) (Darnell, 1958, 1961, 1964). In the laboratory this fish will consume almost anything offered, but it has a decided preference for small invertebrates. In the field it will concentrate upon a particular type of invertebrate food until this becomes scarce and then turn its attention elsewhere. Being a multivore, it is able to exist at very high populational densities, and, with an exceptionally high rate of food-intake, its effect upon the prey species must be considerable, if not actually controlling. Following the food of the young pinfish week-by-week throughout the summer months in a North Carolina estuary (Fig. 1), one notes that in early June during an outbreak of caprellid amphipods these formed about 95% of the food of the young pinfish. The caprellids quickly dwindled in abundance, and the fish shifted to a mixture of amphipods and other invertebrates, supplemented with algae and detritus. During late June, bottom invertebrates constituted the main food. During July a general mixture of food types was taken in, and with depletion of the invertebrate food supply, organic detritus became the predominant food during the late summer. The fact the the pinfish could maintain high populational densities on a diet of detritus suggests that members of this species would still be present to exploit prey species which might become available during the fall.

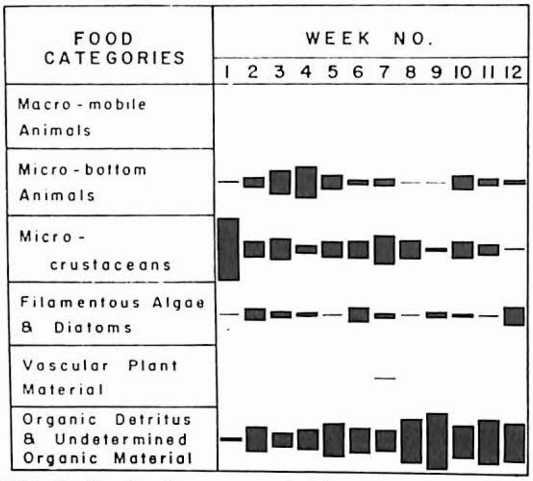


FIG. 1. Food of young pinfish (*Lagodon rhomboides*) taken from *Zostera* beds near Beaufort, N.C., at weekly intervals throughout the summer of 1961. The first collection was made June 8, and the last was taken August 25, 1961.

Another method of achieving system stability would involve a small group of species which had evolved together as a stable system so that they had become adjusted to the environmental resources and to each other. This regulated base might act as a stabilizing influence upon other species which enter the community so long as the latter's influence upon the primary species was not controlling. An apparent example of this type of situation prevails in the small piedmont streams of eastern Mexico from the Río Papaloapan, on the south, to the Río Tamesí, on the north, and pos-

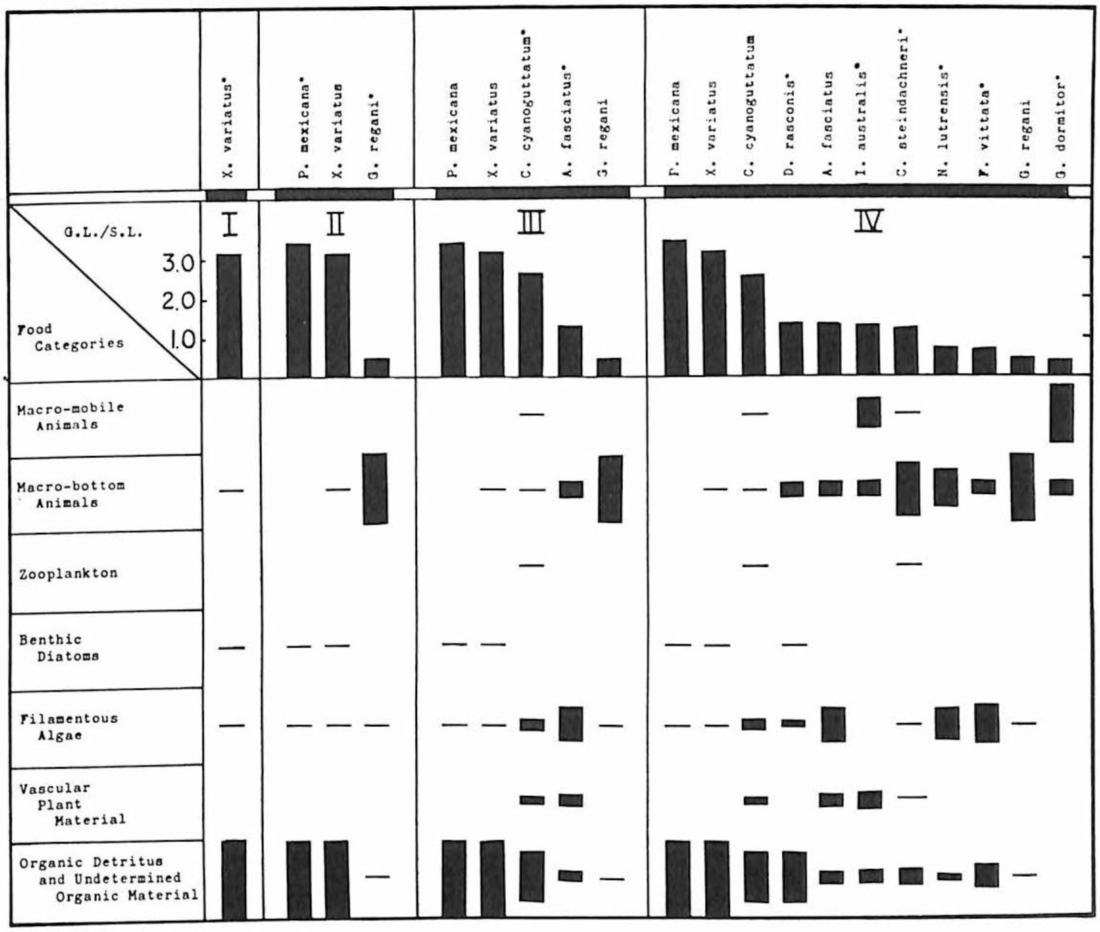


FIG. 2. Food and relative lengths of digestive tracts of fishes taken in a downstream series in the Arroyo Encino, a tributary in the Río Tamesí drainage of eastern Mexico. Locations of stations and the ratio of gut length/standard length are explained in the text. Asterisks denote species which first enter the series at a given station. Names of species, in order of entry, include the following: *Xiphophorus variatus; Poecilia mexicana, Gambusia regani; Cichlasoma cyanoguttatum, Astyanax fasciatus; Dionda rasconis, Ictalurus australis, Cichlasoma steindachneri, Notropis lutrensis, Flexipenis vittata,* and *Gobiomorus dormitor.*

sibly farther north and south. The basic pattern involves five species of fishes belonging to the genera *Poecilia, Xiphophorus, Cichlasoma, Astyanax,* and *Gambusia.* Regardless of where one pulls a seine in these streams, the catch consists predominantly of fishes of these five genera. Through a distance of some 500 airline miles and through at least half a dozen drainage systems the basic pattern prevails. These five genera are of southern origin (*i.e.,* they originated south of the area under discussion) (Miller, 1966; Rosen and Bailey, 1963), and have gradually moved northward, presumably by coastwise migration (Darnell, 1962; Darnell and Abramoff, 1968). Taxonomically the names of the species may change from one drainage to another, but ecologically the roles seem to vary little. In the southern part of the range they may be accompanied by a few species of other southern genera (esp. *Rhamdia, Poeciliopsis, Heterandria,* and *Belonesox*), while in the north they may be joined by species of northern genera (*Ictalurus, Dionda,* and *Notropis*).

A more detailed analysis of the ecological roles of these five species is informative. Figure 2 is based upon four collecting locations in the Arroyo Encino, a tributary of the Río Sabinas (Río Tamesí drainage). The collecting sites represent a series from the headwater spring down to the confluence with the river. At the uppermost collecting site a single species was obtained, the platyfish (*X. variatus*), predominantly a detritus feeder. Downstream at the first broad shallow pool, the platyfish was joined by two other species, the Mexican molly (*P. mexicana*), another detritus feeder, and the mosquito fish (*G. regani*), a carnivore which feeds primarily upon insect larvae dwelling in the bottom detritus. It has been found that the two detritus feeders occupy slightly different habitats, the platyfish preferring shallow peripheral backwaters and the molly tending to live in slightly deeper water, where it is often associated with rocks and stones in midstream and where it may be exposed to slight current. Both detritus feeders ingest a small amount of algae and other material that has been difficult to quantify.

Proceeding downstream to the first deep pool, one encounters two additional species, a cichlid (*C. cyanoguttatum*) and a characin (*A. fasciatus*). Both are broadly omnivorous, consuming plant, animal, and decomposing material, but the cichlid consumes more detritus, whereas the characin depends more upon living plants and animals. Downstream near the river, six additional species eventually enter the community, all of which live primarily in the river itself and enter only the lower portions of the Arroyo. Three of these are of southern origin and may have undergone a large share of their evolution in company with the Arroyo fishes. The three remaining species (*I. mexicana, D. rasconis,* and *N. lutrensis*) are of northern origin which, having more recently encountered the southern forms, might be expected to be less well-adjusted to the functioning system of southern species.

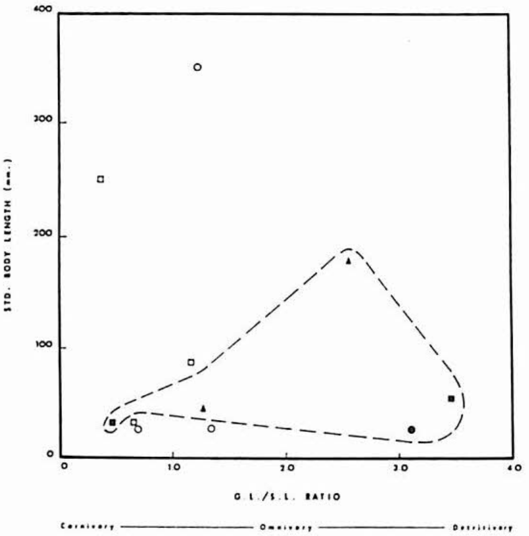


FIG. 3. Relationship between maximum body length and food habits (as expressed by the G.L./S.L. ratio) for fishes of Arroyo Encino. The species which enters at station I is indicated by the solid circle, those which enter at station II by solid squares, those entering at station III by solid triangles. Species which enter at station IV are indicated by open symbols; open squares denote species of southern origin, and open circles species of northern origin. The five southern creek species which are considered to form a co-evolving ecological group are enclosed within the dashed line.

In the upper boxes of Figure 2 the relative length of the digestive tract (ratio of gut length/standard body length) has been plotted for each species. It is well known that this ratio closely reflects the average food habits of fishes, detritus feeders having relatively long guts and carnivores having relatively short ones. The ratio reflects the apparatus necessary to handle and process the ingested food, and from the figure it is clear that the correlation with food habits in the present case is exceedingly good. In Figure 3 the maximum standard body length of each species (as encountered in the Arroyo) has been plotted against the corresponding G.L. /S.L. ratio. In effect, body size is being plotted against average food habits to provide some insight into whether or not the various species are likely to be in close competition for food. From this plot it becomes immediately apparent that the five basic southern creek species are clearly separated in food type and body size. Furthermore, addition of the three southern river species does not greatly increase the possibility of competition. On the other hand, two of the northern species seem to be potential competitors of two of the southern river species.

We conclude that one of the factors permitting the southern creek species to coexist is the absence of any significant overlap in basic food resources. From data presented here, as well as other information on hand, it is obvious that minor but significant differences in habitat are also of importance in reducing competition. These forms have effectively divided up the limited environmental resources. Among the five primary creek species, the two omnivores (*C. cyanoguttatum* and *A. fasciatus*) were the only ones which gave evidence of feeding upon the eggs and young of other fishes. It is suspected that these two species act in the capacity of regulators by removing a portion of the young of other species in proportion to their abundance. The more carnivorous *G. regani* gave no evidence of feeding upon eggs or young of other species, and this may, in part, reflect a mechanism which prevents this fish from feeding upon its own young. In this connection it is worth noting that the three specialists (*G. regani, X. variatus,* and *P. mexicana*) are all live-bearers. The two omnivores must contend with swimming young rather than with more exploitable egg deposits. The live-bearing habit may, thus, represent a partial escape from predation which permits a flexible multivore-prey interaction leading to relative stability.

Other factors, of course, enter the picture. The lazy creek may be changed to a raging torent overnight by run-off from heavy seasonal rains. The creek residents meet this challenge by following the shallows as the water rises and waiting out the torrent in the protection of the flood plain vegetation where the current is still fairly slow. Where steep walls prevent such escape, the fishes become badly battered, and undoubtedly many are lost during the annual floods. Predation by kingfishers, grebes, egrets, and other birds also accounts for some loss from the populations in shallow water, but neither floods nor predation by birds is considered to be a major controlling factor. Throughout the range of this ecological group, regulation appears to be an internal matter. Non-predatory regulation within this group is considered to be a distinct possibility, but clear-cut evidence is lacking so far. The elaborate chemo-sensory and vision-based reproductive behavioral patterns exhibited by the poeciliids and cichlids suggest an area where interspecific interference might operate.

CO-EVOLUTION

In the above discussion emphasis has been placed upon the functioning multispecies system because species evolution does not proceed in an ecological vacuum. Indeed, it would be ecologically absurd to discuss the evolution of *Astyanax fasciatus* in eastern Mexico without simultaneously considering its ecological partner, *Cichlasoma cyanoguttatum*, and the most meaningful discussion would involve the evolution of the entire group of southern species within its environmental context. We are, thus, led to the conclusion that just as the ecosystem is the basic functional unit of ecology, so it is also the basic selectional unit of evolution. The missing dimension referred to in the beginning of this paper is the dimension of the ecosystem.

In discussing some of the factors which lead to stability in nature one is, at the same time, considering the selective forces which mold species into functional units within functional systems. Grass-roots selection is the determining factor of survival, and this, in turn, leads to evolutionary adaptation. Communication is viewed as the general integrative mechanism of natural ecosystems, and nutrient transfer, upon which so much effort is currently being placed, is one of several potential avenues through which community stability may be achieved. The possible interspecific role of intraspecific recognitory cues has been pointed out. The classical Gaussian predator-prey interaction has been modified to the ecologically more reasonable multivore-prey interaction which permits a flexible relationship between coexisting species.

By examining the parade of species which enter a stream community in the downstream series we are witness to the development of community complexity, and we have gained some insight into the factors which permit coexistence and which determine stability in a community consisting of two detritus feeders, two multivores, and one carnivore. This analysis suggests that within any given ecological situation there are certain ecological jobs and certain opportunities. Gene mutation and recombination provide sufficient variability so that the ecological pieces can mutually adjust into a harmonious and semipermanent system. Elucidating the functional and developmental aspects of this system should provide the third dimension of evolutionary theory.

REFERENCES

Chiang, H. C., and A. C. Hodson. 1950. An analytical study of population growth in *Drosophila melanogaster*. Ecol. Monogr. 20:173-206.

Christian, J. J. 1956. Adrenal and reproductive responses to population size in mice from freely growing populations. Ecology 37:258-273.

Darnell, R. M. 1958. Food habits of fishes and larger invertebrates of Lake Pontchartrain, Louisiana, an estuarine community. Publ. Inst. Mar. Sci., Univ. Texas 5:353-416.

Darnell, R. M. 1961. Trophic spectrum of an estuarine community, based on studies of Lake Pontchartrain, Louisiana. Ecology 42:553-568.

Darnell, R. M. 1962. Fishes of the Río Tamesí and related coastal lagoons in east-central Mexico. Publ. Inst. Mar. Sci., Univ. Texas 8:299-365.

Darnell, R. M. 1964. Organic detritus in relation to secondary production in aquatic communities. Verh. Int. Verein. Limnol. 15:462-470.

Darnell, R. M., and P. Abramoff. 1968. Distribution of the gynogenetic fish, *Poecilia formosa*, with remarks on the evolution of the species. Copeia 1968 (2):354-361.

Dobzhansky, T. 1941. Genetics and the origin of species. Columbia Univ. Press, New York. 446 p.

Mayr, E. 1942. Systematics and the origin of species. Columbia Univ. Press, New York. 334 p.

Miller, R. R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. Copeia 1966 (4):773-802.

Rosen, D. E., and R. M. Bailey. 1963. The poeciliid fishes (*Cyprinodontiformes*), their structure, zoogeography, and systematics. Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 126:1-176.

Evolution et Ecosystème

R.M. Darnell
(Résumé)

Des sociétés naturelles, stables depuis longtemps, peuvent servir d'intermédiaires pour des études de transformation. Un des moyens les plus importants pouvant provoquer de telles modifications est le changement de nourriture, bien que d'autres causes puissent également agir d'une façon aussi efficiente. Le rôle potentiel de ces espèces dans l'équilibre naturel est discuté et illustré par deux exemples originaux, l'un portant sur des groupes vivant en eau saumâtre sur la côte de la Caroline du Nord et l'autre portant sur des groupes placés dans les courants à l'est du Mexique. La signification de ces groupes à espèces multiples, dans l'évolution, est envisagée au niveau du second exemple. Il est suggéré que l'écosystème fonctionnel est l'unité fondamentale et soumise à la sélection de l'évolution et que cette évolution procède par ajustement mutuel des entités écologiques pouvant aboutir à un système bien équilibré qui pourra exister comme tel durant un certain temps.

Evolución y Ecosistema

R.M. Darnell
(Resumen)

Sociedades naturales, estables hace tiempo, pueden ser agentes para estudios de transformación. Uno de los más importantes medios que pueden provocar tales modificaciones es el cambio de alimentación aunque otras causas pueden actuar de manera tan eficiente. La función potencial de dichas especies en el equilibrio natural viene discutida e ilustrada por dos ejemplos originales, refiriéndose el primero a los grupos que viven en agua salubre en la costa de Carolina del Norte y el otro a grupos situados en las corrientes al Este de Méjico. El significado de dichos grupos de especies multiples en la evolución está examinada al nivel del segundo ejemplo. Se sugiere que el ecosistema funcional es la unidad fundamental y sometida a la selección de la evolución ; y que dicha evolución procede por ajuste mutuo de las entidades ecológicas pudiendo llegar a un sistema muy equilibrado, que podra existir como tal durante cierto tiempo.

Reprinted from *Science*, vol. 160, 1968, p. 1411-1418

On War and Peace in Animals and Man

An ethologist's approach to the biology of aggression.

N. Tinbergen

In 1935 Alexis Carrel published a best seller, *Man—The Unknown* (*1*). Today, more than 30 years later, we biologists have once more the duty to remind our fellowmen that in many respects we are still, to ourselves, unknown. It is true that we now understand a great deal of the way our bodies function. With this understanding came control: medicine.

The ignorance of ourselves which needs to be stressed today is ignorance about our behavior—lack of understanding of the causes and effects of the function of our brains. A scientific understanding of our behavior, leading to its control, may well be the most urgent task that faces mankind today. It is the effects of our behavior that begin to endanger the very survival of our species and, worse, of all life on earth. By our technological achievements we have attained a mastery of our environment that is without precedent in the history of life. But these achievements are rapidly getting out of hand. The consequences of our "rape of the earth" are now assuming critical proportions. With shortsighted recklessness we deplete the limited natural resources, including even the oxygen and nitrogen of our atmosphere (*2*). And Rachel Carson's warning (*3*) is now being followed by those of scientists, who give us an even gloomier picture of the general pollution of air, soil, and water. This pollution is seriously threatening our health and our food supply. Refusal to curb our reproductive behavior has led to the population explosion. And, as if all this were not enough, we are waging war on each other—men are fighting and killing men on a massive scale. It is because the effects of these behavior patterns, and of attitudes that determine our behavior, have now acquired such truly lethal potentialities that I have chosen man's ignorance about his own behavior as the subject of this paper.

I am an ethologist, a zoologist studying animal behavior. What gives a student of animal behavior the temerity to speak about problems of human behavior? Of course the history of medicine provides the answer. We all know that medical research uses animals on a large scale. This makes sense because animals, particularly vertebrates, are, in spite of all differences, so similar to us; they are our blood relations, however distant.

But this use of zoological research for a better understanding of ourselves is, to most people, acceptable only when we have to do with those bodily functions that we look upon as parts of our physiological machinery—the functions, for instance, of our kidneys, our liver, our hormone-producing glands. The majority of people bridle as soon as it is even suggested that studies of animal behavior could be useful for an understanding, let alone for the control, of our own behavior. They do not want to have their own behavior subjected to scientific scrutiny; they certainly resent being compared with animals, and these rejecting attitudes are both deep-rooted and of complex origin.

But now we are witnessing a turn in this tide of human thought. On the one hand the resistances are weakening, and on the other, a positive awareness is growing of the potentialities of a biology of behavior. This has become quite clear from the great interest aroused by several recent books that are trying, by comparative studies of animals and man, to trace what we could call "the animal roots of human behavior." As examples I select Konrad Lorenz's book *On Aggression* (*4*) and *The Naked Ape* by Desmond Morris (*5*). Both books were best sellers from the start. We ethologists are naturally delighted by this sign of rapid growth of interest in our science (even though the growing pains are at times a little hard to endure). But at the same time we are apprehensive, or at least I am.

We are delighted because, from the enormous sales of these and other such books, it is evident that the mental block against self-scrutiny is weakening—that there are masses of people who, so to speak, want to be shaken up.

But I am apprehensive because these books, each admirable in its own way, are being misread. Very few readers give the authors the benefit of the doubt. Far too many either accept uncritically all that the authors say, or (equally uncritically) reject it all. I believe that this is because both Lorenz and Morris emphasize our knowledge rather than our ignorance (and, in addition, present as knowledge a set of statements which are after all no more than likely guesses). In themselves brilliant, these books could stiffen, at a new level, the attitude of certainty, while what we need is a sense of doubt and wonder, and an urge to investigate, to inquire.

Potential Usefulness of Ethological Studies

Now, in a way, I am going to be just as assertative as Lorenz and Morris, but what I am going to stress is how much we do not know. I shall argue that we shall have to make a major research effort. I am of course fully aware of the fact that much research is already being devoted to problems of human, and even of animal, behavior. I know, for instance, that anthropologists, psychologists, psychiatrists, and others are approaching these problems from many angles. But I shall try to show that the research effort has so far made insufficient use of the potential of ethology. Anthropologists, for instance, are beginning to look at animals, but they restrict their work almost entirely to our nearest relatives, the apes and monkeys. Psychologists do study a larger variety of animals, but even they select mainly higher species. They also

---

Dr. Tinbergen is professor of animal behavior, Department of Zoology, University of Oxford, Oxford, England. This article is the text of his inaugural address, 27 February 1968.

Copyright © 1968 by the American Association for the Advancement of Science

ignore certain major problems that we biologists think have to be studied. Psychiatrists, at least many of them, show a disturbing tendency to apply the *results* rather than the *methods* of ethology to man.

None of these sciences, not even their combined efforts, are as yet parts of one coherent science of behavior. Since behavior is a life process, its study ought to be part of the mainstream of biological research. That is why we zoologists ought to "join the fray." As an ethologist, I am going to try to sketch how my science could assist its sister sciences in their attempts, already well on their way, to make a united, broad-fronted, truly biological attack on the problems of behavior.

I feel that I can cooperate best by discussing what it is in ethology that could be of use to the other behavioral sciences. What we ethologists do not want, what we consider definitely wrong, is uncritical application of our results to man. Instead, I myself at least feel that it is our method of approach, our rationale, that we can offer (*6*), and also a little simple common sense, and discipline.

The potential usefulness of ethology lies in the fact that, unlike other sciences of behavior, it applies the method or "approach" of biology to the phenomenon behavior. It has developed a set of concepts and terms that allow us to ask:

1) In what ways does this phenomenon (behavior) influence the survival, the success of the animal?

2) What makes behavior happen at any given moment? How does its "machinery" work?

3) How does the behavior machinery develop as the individual grows up?

4) How have the behavior systems of each species evolved until they became what they are now?

The first question, that of survival value, has to do with the effects of behavior; the other three are, each on a different time scale, concerned with its causes.

These four questions are, as many of my fellow biologists will recognize, the major questions that biology has been pursuing for a long time. What ethology is doing could be simply described by saying that, just as biology investigates the functioning of the organs responsible for digestion, respiration, circulation, and so forth, so ethology begins now to do the same with respect to behavior; it investigates the functioning of organs responsible for movement.

I have to make clear that in my opinion it is the comprehensive, integrated attack on all four problems that characterizes ethology. I shall try to show that to ignore the questions of survival value and evolution—as, for instance, most psychologists do—is not only shortsighted but makes it impossible to arrive at an understanding of behavioral problems. Here ethology can make, in fact is already making, positive contributions.

Having stated my case for animal ethology as an essential part of the science of behavior, I will now have to sketch how this could be done. For this I shall have to consider one concrete example, and I select aggression, the most directly lethal of our behaviors. And, for reasons that will become clear, I shall also make a short excursion into problems of education.

Let me first try to define what I mean by aggression. We all understand the term in a vague, general way, but it is, after all, no more than a catchword. In terms of actual behavior, aggression involves approaching an opponent, and, when within reach, pushing him away, inflicting damage of some kind, or at least forcing stimuli upon him that subdue him. In this description the effect is already implicit: such behavior tends to remove the opponent, or at least to make him change his behavior in such a way that he no longer interferes with the attacker. The methods of attack differ from one species to another, and so do the weapons that are used, the structures that contribute to the effect.

Since I am concentrating on men fighting men, I shall confine myself to intraspecific fighting, and ignore, for instance, fighting between predators and prey. Intraspecific fighting is very common among animals. Many of them fight in two different contexts, which we can call "offensive" and "defensive." Defensive fighting is often shown as a last resort by an animal that, instead of attacking, has been fleeing from an attacker. If it is cornered, it may suddenly turn round upon its enemy and "fight with the courage of despair."

Of the four questions I mentioned before, I shall consider that of the survival value first. Here comparison faces us right at the start with a striking paradox. On the one hand, man is akin to many species of animals in that he fights his own species. But on the other hand he is, among the thousands of species that fight, the only one in which fighting is disruptive.

In animals, intraspecific fighting is usually of distinctive advantage. In addition, all species manage as a rule to settle their disputes without killing one another; in fact, even bloodshed is rare. Man is the only species that is a mass murderer, the only misfit in his own society.

Why should this be so? For an answer, we shall have to turn to the question of causation: What makes animals and man fight their own species? And why is our species "the odd man out"?

Causation of Aggression

For a fruitful discussion of this question of causation I shall first have to discuss what exactly we mean when we ask it.

I have already indicated that when thinking of causation we have to distinguish between three subquestions, and that these three differ from one another in the stretch of time that is considered. We ask, first: Given an adult animal that fights now and then, what makes each outburst of fighting happen? The time scale in which we consider these recurrent events is usually one of seconds, or minutes. To use an analogy, this subquestion compares with asking what makes a car start or stop each time we use it.

But in asking this same general question of causation ("What makes an animal fight?") we may also be referring to a longer period of time; we may mean "How has the animal, as it grew up, developed this behavior?" This compares roughly with asking how a car has been constructed in the factory. The distinction between these two subquestions remains useful even though we know that many animals continue their development (much slowed down) even after they have attained adulthood. For instance, they may still continue to learn.

Finally, in biology, as in technology, we can extend this time scale even more, and ask: How have the animal species which we observe today—and which we know have evolved from ancestors that were different—how have they acquired their particular behavior systems during this evolution? Unfortunately, while we know the evolution of cars because they evolved so quickly and have been so fully recorded, the behavior of extinct animals cannot be observed, and has to be reconstructed by indirect methods.

I shall try to justify the claim I made earlier, and show how all these four questions—that of behavior's survival value and the three subquestions of causation—have to enter into the argument if we are to understand the biology of aggression.

Let us first consider the short-term causation; the mechanism of fighting. What makes us fight at any one moment? Lorenz argues in his book that, in animals and in man, there is an internal urge to attack. An individual does not simply wait to be provoked, but, if actual attack has not been possible for some time, this urge to fight builds up until the individual actively seeks the opportunity to indulge in fighting. Aggression, Lorenz claims, can be spontaneous.

But this view has not gone unchallenged. For instance, R. A. Hinde has written a thorough criticism (*7*), based on recent work on aggression in animals, in which he writes that Lorenz's "arguments for the spontaneity of aggression do not bear examination" and that "the contrary view, expressed in nearly every textbook of comparative psychology . . ." is that fighting "derives principally from the situation"; and even more explicitly: "There is no need to postulate causes that are purely internal to the aggressor" (*7*, p. 303). At first glance it would seem as if Lorenz and Hinde disagree profoundly. I have read and reread both authors, and it is to me perfectly clear that loose statements and misunderstandings on both sides have made it appear that there is disagreement where in fact there is something very near to a common opinion. It seems to me that the differences between the two authors lie mainly in the different ways they look at internal and external variables. This in turn seems due to differences of a semantic nature. Lorenz uses the unfortunate term "the spontaneity of aggression." Hinde takes this to mean that external stimuli are in Lorenz's view not necessary at all to make an animal fight. But here he misrepresents Lorenz, for nowhere does Lorenz claim that the internal urge ever makes an animal fight "in vacuo"; somebody or something is attacked. This misunderstanding makes Hinde feel that he has refuted Lorenz's views by saying that "fighting derives principally from the situation." But both authors are fully aware of the fact that fighting is started by a number of variables, of which some are internal and some external. What both authors know, and what cannot be doubted, is that fighting behavior is not like the simple slot machine that produces one platform ticket every time one threepenny bit is inserted. To mention one animal example: a male stickleback does not always show the full fighting behavior in response to an approaching standard opponent; its response varies from none at all to the optimal stimulus on some occasions, to full attack on even a crude dummy at other times. This means that its internal state varies, and in this particular case we know from the work of Hoar (*8*) that the level of the male sex hormone is an important variable.

Another source of misunderstanding seems to have to do with the stretch of time that the two authors are taking into account. Lorenz undoubtedly thinks of the causes of an outburst of fighting in terms of seconds, or hours—perhaps days. Hinde seems to think of events which may have happened further back in time; an event which is at any particular moment "internal" may well in its turn have been influenced previously by external agents. In our stickleback example, the level of male sex hormone is influenced by external agents such as the length of the daily exposure to light over a period of a month or so (*9*). Or, less far back in time, its readiness to attack may have been influenced by some experience gained, say, half an hour before the fight.

I admit that I have now been spending a great deal of time on what would seem to be a perfectly simple issue: the very first step in the analysis of the short-term causation, which is to distinguish at any given moment between variables within the animal and variables in the environment. It is of course important for our further understanding to unravel the complex interactions between these two worlds, and in particular the physiology of aggressive behavior. A great deal is being discovered about this, but for my present issue there is no use discussing it as long as even the first step in the analysis has not led to a clearly expressed and generally accepted conclusion. We must remember that we are at the moment concerned with the human problem: "What makes men attack each other?" And for this problem the answer to the first stage of our question is of prime importance: Is our readiness to start an attack constant or not? If it were—if our aggressive behavior were the outcome of an apparatus with the properties of the slot machine—all we would have to do would be to control the external situation: to stop providing threepenny bits. But since our readiness to start an attack is variable, further studies of both the external and the internal variables are vital to such issues as: Can we reduce fighting by lowering the population density, or by withholding provocative stimuli? Can we do so by changing the hormone balance or other physiological variables? Can we perhaps in addition control our development in such a way as to change the dependence on internal and external factors in adult man? However, before discussing development, I must first return to the fact that I have mentioned before, namely, that man is, among the thousands of other species that fight, the only mass murderer. How do animals in their intraspecific disputes avoid bloodshed?

The Importance of "Fear"

The clue to this problem is to recognize the simple fact that aggression in animals rarely occurs in pure form; it is only one of two components of an adaptive system. This is most clearly seen in territorial behavior, although it is also true of most other types of hostile behavior. Members of territorial species divide, among themselves, the available living space and opportunities by each individual defending its home range against competitors. Now in this system of parceling our living space, avoidance plays as important a part as attack. Put very briefly, animals of territorial species, once they have settled on a territory, attack intruders, but an animal that is still searching for a suitable territory or finds itself outside its home range withdraws when it meets with an already established owner. In terms of function, once you have taken possession of a territory, it pays to drive off competitors; but when you are still looking for a territory (or meet your neighbor at your common boundary), your chances of success are improved by avoiding such established owners. The ruthless fighter who "knows no fear" does not get very far. For an understanding of what follows, this fact, that hostile clashes are controlled by what we could call the "attack-avoidance system," is essential.

When neighboring territory owners meet near their common boundary, both attack behavior and withdrawal behavior are elicited in both animals; each of the two is in a state of motivational conflict. We know a great deal about the variety of movements that appear when these two conflicting, incompatible behaviors are elicited. Many of these expressions of a motivational conflict have, in the course of evolution, acquired signal function; in colloquial language, they signal "Keep out!" We deduce this from the fact that opponents respond to them in an appropriate way: instead of proceeding to intrude, which would require the use of force, trespassers withdraw, and neighbors are contained by each other. This is how such animals have managed to have all the advantages of their hostile behavior without the disadvantages: they divide their living space in a bloodless way by using as distance-keeping devices these conflict movements ("threat") rather than actual fighting.

Group Territories

In order to see our wars in their correct biological perspective one more comparison with animals is useful. So far I have discussed animal species that defend individual or at best pair territories. But there are also animals which possess and defend territories belonging to a group, or a clan (*10*).

Now it is an essential aspect of group territorialism that the members of a group unite when in hostile confrontation with another group that approaches, or crosses into their feeding territory. The uniting and the aggression are equally important. It is essential to realize that group territorialism does not exclude hostile relations on lower levels when the group is on its own. For instance, within a group there is often a peck order. And within the group there may be individual or pair territories. But frictions due to these relationships fade away during a clash between groups. This temporary elimination is done by means of so-called appeasement and reassurance signals. They indicate "I am a friend," and so diminish the risk that, in the general flare-up of anger, any animal "takes it out" on a fellow member of the same group (*11*). Clans meet clans as units, and each individual in an intergroup clash, while united with its fellow-members, is (as in interindividual clashes) torn between attack and withdrawal, and postures and shouts rather than attacks.

We must now examine the hypothesis (which I consider the most likely one) that man still carries with him the animal heritage of group territoriality. This is a question concerning man's evolutionary origin, and here we are, by the very nature of the subject, forced to speculate. Because I am going to say something about the behavior of our ancestors of, say, 100,000 years ago, I have to discuss briefly a matter of methodology. It is known to all biologists (but unfortunately unknown to most psychologists) that comparison of present-day species can give us a deep insight, with a probability closely approaching certainty, into the evolutionary history of animal species. Even where fossil evidence is lacking, this comparative method alone can do this. It has to be stressed that this comparison is a highly sophisticated method, and not merely a matter of saying that species A is different from species B (*12*). The basic procedure is this. We interpret differences between really allied species as the result of adaptive divergent evolution from common stock, and we interpret similarities between nonallied species as adaptive convergencies to similar ways of life. By studying the adaptive functions of species characteristics we understand how natural selection can have produced both these divergencies and convergencies. To mention one striking example: even if we had no fossil evidence, we could, by this method alone, recognize whales for what they are—mammals that have returned to the water, and, in doing so, have developed some similarities to fish. This special type of comparison, which has been applied so successfully by students of the structure of animals, has now also been used, and with equal success, in several studies of animal behavior. Two approaches have been applied. One is to see in what respects species of very different origin have convergently adapted to a similar way of life. Von Haartman (*13*) has applied this to a study of birds of many types that nest in holes—an anti-predator safety device. All such hole-nesters center their territorial fighting on a suitable nest hole. Their courtship consists of luring a female to this hole (often with the use of bright color patterns). Their young gape when a general darkening signals the arrival of the parent. All but the most recently adapted species lay uniformly colored, white or light blue eggs that can easily be seen by the parent.

An example of adaptive divergence has been studied by Cullen (*14*). Among all the gulls, the kittiwake is unique in that it nests on very narrow ledges on sheer cliffs. Over 20 peculiarities of this species have been recognized by Mrs. Cullen as vital adaptations to this particular habitat.

These and several similar studies (*15*) demonstrate how comparison reveals, in each species, systems of interrelated, and very intricate adaptive features. In this work, speculation is now being followed by careful experimental checking. It would be tempting to elaborate on this, but I must return to our own unfortunate species.

Now, when we include the "Naked Ape" in our comparative studies, it becomes likely (as has been recently worked out in great detail by Morris) that man is a "social Ape who has turned carnivore" (*16*). On the one hand he is a social primate; on the other, he has developed similarities to wolves, lions and hyenas. In our present context one thing seems to stand out clearly, a conclusion that seems to me of paramount importance to all of us, and yet has not yet been fully accepted as such. As a social, hunting primate, man must originally have been organized on the principle of group territories.

Ethologists tend to believe that we still carry with us a number of behavioral characteristics of our animal ancestors, which cannot be eliminated by different ways of upbringing, and that our group territorialism is one of those ancestral characters. I shall discuss the problem of the modifiability of our behavior later, but it is useful to point out here that even if our behavior were much more modifiable than Lorenz maintains, our cultural evolution, which resulted in the parceling-out of our living space on lines of tribal, national, and now even "bloc" areas, would, if anything, have tended to enhance group territorialism.

Group Territorialism in Man?

I put so much emphasis on this issue of group territorialism because most writers who have tried to apply ethology to man have done this in the wrong way. They have made the mistake, to which I objected before, of uncritically extrapolating the results of animal studies to man. They try to explain man's behavior by using facts that are valid only of some of the animals we studied. And, as ethologists keep stressing, no two species behave alike. Therefore, instead of taking this easy way out, we ought to study man in his own right. And I repeat that the message of the ethologists is that the methods, rather than the results, of ethology should be used for such a study.

Now, the notion of territory was developed by zoologists (to be precise, by ornithologists, *17*), and because individual and pair territories are found in so many more species than group territories (which are particularly rare among birds), most animal studies were concerned with such individual and pair territories. Now such low-level territories do occur in man, as does another form of hostile behavior, the peck order. But the problems created by such low-level frictions are not serious; they can, within a community, be kept in check by the apparatus of law and order; peace within national boundaries can be enforced. In order to understand what makes us go to war, we have to recognize that man behaves very much like a group-territorial species. We too unite in the face of an outside danger to the group; we "forget our differences." We too have threat gestures, for instance, angry facial expressions. And all of us use reassurance and appeasement signals, such as a friendly smile. And (unlike speech) these are universally understood; they are cross-cultural; they are species-specific. And, incidentally, even within a group sharing a common language, they are often more reliable guides to a man's intentions than speech, for speech (as we know now) rarely reflects our true motives, but our facial expressions often "give us away."

If I may digress for a moment: it is humiliating to us ethologists that many nonscientists, particularly novelists and actors, intuitively understand our sign language much better than we scientists ourselves do. Worse, there is a category of human beings who understand intuitively more about the causation of our aggressive behavior: the great demagogues. They have applied this knowledge in order to control our behavior in the most clever ways, and often for the most evil purposes. For instance, Hitler (who had modern mass communication at his disposal, which allowed him to inflame a whole nation) played on both fighting tendencies. The "defensive" fighting was whipped up by his passionate statements about "living space," "encirclement," Jewry, and Freemasonry as threatening powers which made the Germans feel "cornered." The "attack fighting" was similarly set ablaze by playing the myth of the Herrenvolk. We must make sure that mankind has learned its lesson and will never forget how disastrous the joint effects have been—if only one of the major nations were led now by a man like Hitler, life on earth would be wiped out.

I have argued my case for concentrating on studies of group territoriality rather than on other types of aggression. I must now return, in this context, to the problem of man the mass murderer. Why don't we settle even our international disputes by the relatively harmless, animal method of threat? Why have we become unhinged so that so often our attack erupts without being kept in check by fear? It is not that we have no fear, nor that we have no other inhibitions against killing. This problem has to be considered first of all in the general context of the consequences of man having embarked on a new type of evolution.

Cultural Evolution

Man has the ability, unparalleled in scale in the animal kingdom, of passing on his experiences from one generation to the next. By this accumulative and exponentially growing process, which we call cultural evolution, he has been able to change his environment progressively out of all recognition. And this includes the social environment. This new type of evolution proceeds at an incomparably faster pace than genetic evolution. Genetically we have not evolved very strikingly since Cro-Magnon man, but culturally we have changed beyond recognition, and are changing at an ever-increasing rate. It is of course true that we are highly adjustable individually, and so could hope to keep pace with these changes. But I am not alone in believing that this behavioral adjustability, like all types of modifiiability, has its limits. These limits are imposed upon us by our hereditary constitution, a constitution which can only change with the far slower speed of genetic evolution. There are good grounds for the conclusion that man's limited behavioral adjustability has been outpaced by the culturally determined changes in his social environment, and that this is why man is now a misfit in his own society.

We can now, at last, return to the problem of war, of uninhibited mass killing. It seems quite clear that our cultural evolution is at the root of the trouble. It is our cultural evolution that has caused the population explosion. In a nutshell, medical science, aiming at the reduction of suffering, has, in doing so, prolonged life for many individuals as well—prolonged it to well beyond the point at which they produce offspring. Unlike the situation in any wild species, recruitment to the human population consistently surpasses losses through mortality. Agricultural and technical know-how have enabled us to grow food and to exploit other natural resources to such an extent that we can still feed (though only just) the enormous numbers of human beings on our crowded planet. The result is that we now live at a far higher density than that in which genetic evolution has molded our species. This, together with long-distance communication, leads to far more frequent, in fact to continuous, intergroup contacts, and so to continuous external provocation of aggression. Yet this alone would not explain our increased tendency to kill each other; it would merely lead to continuous threat behavior.

The upsetting of the balance between aggression and fear (and this is what causes war) is due to at least three other consequences of cultural evolution. It is an old cultural phenomenon that warriors are both brainwashed and bullied into all-out fighting. They are brainwashed into believing that fleeing—originally, as we have seen, an adaptive type of behavior—is despicable, "cowardly." This seems to me due to the fact that man, accepting that in moral issues death might be preferable to fleeing, has falsely applied the moral concept of "cowardice" to matters of mere practical importance—to the dividing of living space. The fact that our soldiers are also bullied into all-out fighting (by penalizing fleeing in battle) is too well known to deserve elaboration.

Another cultural excess is our ability to make and use killing tools, especially long-range weapons. These make killing easy, not only because a spear or a club inflicts, with the same effort, so much more damage than a fist, but also, and mainly, because the use of long-range weapons prevents the victim from reaching his attacker with his appeasement, reassurance, and distress signals. Very few aircrews who are willing, indeed eager, to drop their bombs "on target" would be willing to strangle, stab, or burn children (or, for that matter, adults) with their own hands; they would stop short of killing, in response to the appeasement and distress signals of their opponents.

These three factors alone would be sufficient to explain how we have become such unhinged killers. But I have to stress once more that all this, however convincing it may seem, must still be studied more thoroughly.

There is a frightening, and ironical paradox in this conclusion: that the human brain, the finest life-preserving device created by evolution, has made our species so successful in mastering the outside world that it suddenly finds itself taken off guard. One could say that our cortex and our brainstem (our "reason" and our "instincts") are at loggerheads. Together they have created a new social environment in which, rather than ensuring our survival, they are about to do the opposite. The brain finds itself seriously threatened by an enemy of its own making. It is its own enemy. We simply have to understand this enemy.

The Development of Behavior

I must now leave the question of the moment-to-moment control of fighting, and, looking further back in time, turn to the development of aggressive behavior in the growing individual. Again we will start from the human problem. This, in the present context, is whether it is within our power to control development in such a way that we reduce or eliminate fighting among adults. Can or cannot education in the widest sense produce nonagressive men?

The first step in the consideration of this problem is again to distinguish between external and internal influences, but now we must apply this to the growth, the changing, of the behavioral machinery during the individual's development. Here again the way in which we phrase our questions and our conclusions is of the utmost importance.

In order to discuss this issue fruitfully, I have to start once more by considering it in a wider context, which is now that of the "nature-nurture" problem with respect to behavior in general. This has been discussed more fully by Lorenz in his book *Evolution and Modification of Behaviour* (*18*); for a discussion of the environmentalist point of view I refer to the various works of Schneirla (see *19*).

Lorenz tends to classify behavior types into innate and acquired or learned behavior. Schneirla rejects this dichotomy into two classes of behavior. He stresses that the developmental process, of behavior as well as of other functions, should be considered, and also that this development forms a highly complicated series of interactions between the growing organism and its environment. I have gradually become convinced that the clue to this difference in approach is to be found in a difference in aims between the two authors. Lorenz claims that "we are justified in leaving, at least for the time being, to the care of the experimental embryologists all those questions which are concerned with the chains of physiological causation leading from the genome to the development of . . . neurosensory structures" (*18*, p. 43). In other words, he deliberately refrains from starting his analysis of development prior to the stage at which a fully coordinated behavior is performed for the first time. If one in this way restricts one's studies to the later stages of development, then a classification in "innate" and "learned" behavior, or behavior components, can be considered quite justified. And there was a time, some 30 years ago, when the almost grotesquely environmentalist bias of psychology made it imperative for ethologists to stress the extent to which behavior patterns could appear in perfect or near-perfect form without the aid of anything that could be properly called learning. But I now agree (however belatedly) with Schneirla that we must extend our interest to earlier stages of development and embark on a full program of experimental embryology of behavior. When we do this, we discover that interactions with the environment can indeed occur at early stages. These interactions may concern small components of the total machinery of a fully functional behavior pattern, and many of them cannot possibly be called learning. But they are interactions with the environment, and must be taken into account if we follow in the footsteps of the experimental embryologists, and extend our field of interest to the entire sequence of events which lead from the blueprints contained in the zygote to the fully functioning, behaving animal. We simply have to do this if we want an answer to the question to what extent the development of behavior can be influenced from the outside.

When we follow this procedure the rigid distinction between "innate" or unmodifiable and "acquired" or modifiable behavior patterns becomes far less sharp. This is owing to the discovery, on the one hand, that "innate" patterns may contain elements that at an early stage developed in interaction with the environment, and, on the other hand, that learning is, from step to step, limited by internally imposed restrictions.

To illustrate the first point, I take the development of the sensory cells in the retina of the eye. Knoll has shown (*20*) that the rods in the eyes of tadpoles cannot function properly unless they have first been exposed to light. This means that, although any visually guided response of a tadpole may well, in its integrated form, be "innate" in Lorenz's sense, it is so only in the sense of "nonlearned," not in that of "having grown without interaction with the environment." Now it has been shown by Cullen (*21*) that male sticklebacks reared from the egg in complete isolation from other animals will, when adult, show full fighting behavior to other males and courtship behavior to females when faced with them for the first time in their lives. This is admittedly an important fact, demonstrating that the various recognized forms of learning do not enter into the programing of these integrated patterns. This is a demonstration of what Lorenz calls an "innate response." But it does not exclude the possibility that parts of the machinery so employed may, at an earlier stage, have been influenced by the environment, as in the case of the tadpoles.

Second, there are also behavior patterns which do appear in the inexperienced animal, but in an incomplete form, and which require additional development through learning. Thorpe has analyzed a clear example of this: when young male chaffinches reared alone begin to produce their song for the first time, they utter a very imperfect warble; this develops into the full song only if, at a certain sensitive stage, the young birds have heard the full song of an adult male (*22*).

By far the most interesting aspect of such intermediates between innate and acquired behavior is the fact that learning is not indiscriminate, but is guided by a certain selectiveness on the part of the animal. This fact has been dimly recognized long ago; the early ethologists have often pointed out that different, even closely related, species learn different things even when developing the same behavior patterns. This has been emphasized by Lorenz's use of the term "innate teaching mechanism." Other authors use the word "template" in the same context. The best example I know is once more taken from the development of song in certain birds. As I have mentioned, the males of some birds acquire their full song by changing their basic repertoire to resemble the song of adults, which they have to hear during a special sensitive period some months before they sing themselves. It is in this sensitive period that they acquire, without as yet producing the song, the knowledge of "what the song ought to be like." In technical terms, the bird formed a *Sollwert* (*23*) (literally, "should-value," an ideal) for the feedback they receive when they hear their own first attempts. Experiments have shown (*24*) that such birds, when they start to sing, do three things: they listen to what they produce; they notice the difference between this feedback and the ideal song; and they correct their next performance.

This example, while demonstrating an internal teaching mechanism, shows, at the same time, that Lorenz made his concept too narrow when he coined the term "innate teaching mechanism." The birds have developed a teaching mechanism, but while it is true that it is internal, it is not innate; the birds have acquired it by listening to their father's song.

These examples show that if behavior studies are to catch up with experimental embryology our aims, our concepts, and our terms must be continually revised.

Before returning to aggression, I should like to elaborate a little further on general aspects of behavior development, because this will enable me to show the value of animal studies in another context, that of education.

Comparative studies, of different animal species, of different behavior patterns, and of different stages of development, begin to suggest that wherever learning takes a hand in development, it is guided by such *Sollwerte* or templates for the proper feedback, the feedback that reinforces. And it becomes clear that these various *Sollwerte* are of a bewildering variety. In human education one aspect of this has been emphasized in particular, and even applied in the use of teaching machines: the requirement that the reward, in order to have maximum effect, must be immediate. Skinner has stressed this so much because in our own teaching we have imposed an unnatural delay between, say, taking in homework, and giving the pupil his reward in the form of a mark. But we can learn more from animal studies than the need for immediacy of reward. The type of reward is also of great importance, and this may vary from task to task, from stage to stage, from occasion to occasion: the awards may be of almost infinite variety.

Here I have to discuss briefly a behavior of which I have so far been unable to find the equivalent in the development of structure. This is exploratory behavior. By this we mean a kind of behavior in which the animal sets out to acquire as much information about an object or a situation as it can possibly get. The behavior is intricately adapted to this end, and it terminates when the information has been stored, when the animal has incorporated it in its learned knowledge. This exploration (subjectively we speak of "curiosity") is not confined to the acquisition of information about the external world alone; at least mammals explore their own movements a great deal, and in this way "master new skills." Again, in this exploratory behavior, *Sollwerte* of expected, "hoped-for" feedbacks play their part.

Without going into more detail, we can characterize the picture we begin to get of the development of behavior as a series, or rather a web, of events, starting with innate programing instructions contained in the zygote, which straightaway begin to interact with the environment; this interaction may be discontinuous, in that periods of predominantly internal development alternate with periods of interaction, or sensitive periods. The interaction is enhanced by active exploration; it is steered by selective *Sollwerte* of great variety; and stage by stage this process ramifies; level upon level of ever-increasing complexity is being incorporated into the programing.

Apply what we have heard for a moment to playing children (I do not, of course, distinguish sharply between "play" and "learning"). At a certain age a child begins to use, say, building blocks. It will at first manipulate them in various ways, one at a time. Each way of manipulating acts as exploratory behavior: the child learns what a block looks, feels, tastes like, and so forth, and also how to put it down so that it stands stably.

Each of these stages "peters out" when the child knows what it wanted to find out. But as the development proceeds, a new level of exploration is added: the child discovers that it can put one block on top of the other; it constructs. The new discovery leads to repetition and variation, for each child develops, at some stage, a desire and a set of *Sollwerte* for such effects of construction, and acts out to the full this new level of exploratory behavior. In addition, already at this stage the *Sollwert* or ideal does not merely contain what the blocks do, but also what, for instance, the mother does; her approval, her shared enjoyment, is also of great importance. Just as an exploring animal, the child builds a kind of inverted pyramid of experience, built of layers, each set off by a new wave of exploration and each directed by new sets of *Sollwerte*, and so its development "snowballs." All these phases may well have more or less limited sensitive periods, which determine when the fullest effect can be obtained, and when the child is ready for the next step. More important still, if the opportunity for the next stage is offered either too early or too late, development may be damaged, including the development of motivational and emotional attitudes.

Of course gifted teachers of many generations have known all these things (*25*) or some of them, but the glimpses of insight have not been fully and scientifically systematized. In human education, this would of course involve experimentation. This need not worry us too much, because in our search for better educational procedures we are in effect experimenting on our children all the time. Also, children are fortunately incredibly resilient, and most grow up into pretty viable adults in spite of our fumbling educational efforts. Yet there is, of course, a limit to what we will allow ourselves, and this, I should like to emphasize, is where animal studies may well become even more important than they are already.

Can Education End Aggression?

Returning now to the development of animal and human aggression, I hope to have made at least several things clear: that behavior development is a very complex phenomenon indeed; that we have only begun to analyze it in animals; that with respect to man we are, if anything, behind in comparison with animal studies; and that I cannot do otherwise than repeat what I said in the beginning: we must make a major research effort. In this effort animal studies can help, but we are still very far from drawing very definite conclusions with regard to our question: To what extent shall we be able to render man less aggressive through manipulation of the environment, that is, by educational measures?

In such a situation personal opinions naturally vary a great deal. I do not hesitate to give as my personal opinion that Lorenz's book *On Aggression*, in spite of its assertativeness, in spite of factual mistakes, and in spite of the many possibilities of misunderstandings that are due to the lack of a common language among students of behavior—that this work must be taken more seriously as a positive contribution to our problem than many critics have done. Lorenz is, in my opinion, right in claiming that elimination, through education, of the internal urge to fight will turn out to be very difficult, if not impossible.

Everything I have said so far seems to me to allow for only one conclusion. Apart from doing our utmost to return to a reasonable population density, apart from stopping the progressive depletion and pollution of our habitat, we must pursue the biological study of animal behavior for clarifying problems of human behavior of such magnitude as that of our aggression, and of education.

But research takes a long time, and we must remember that there are experts who forecast worldwide famine 10 to 20 years from now; and that we have enough weapons to wipe out all human life on earth. Whatever the causation of our aggression, the simple fact is that for the time being we are saddled with it. This means that there is a crying need for a crash program, for finding ways and means for keeping our intergroup aggression in check. This is of course in practice infinitely more difficult than controlling our intranational frictions; we have as yet not got a truly international police force. But there is hope for avoiding all-out war because, for the first time in history, we are afraid of killing ourselves by the lethal radiation effects even of bombs that we could drop in the enemy's territory. Our politicians know this. And as long as there is this hope, there is every reason to try and learn what we can from animal studies. Here again they can be of help. We have already seen that animal opponents meeting in a hostile clash avoid bloodshed by using the expressions of their motivational conflicts as intimidating signals. Ethologists have studied such conflict movements in some detail (*26*), and have found that they are of a variety of types. The most instructive of these is the redirected attack; instead of attacking the provoking, yet dreaded, opponent, animals often attack something else, often even an inanimate object. We ourselves bang the table with our fists. Redirection includes something like sublimation, a term attaching a value judgment to the redirection. As a species with group territories, humans, like hyenas, unite when meeting a common enemy. We do already sublimate our group aggression. The Dutch feel united in their fight against the sea. Scientists do attack their problems together. The space program —surely a mainly military effort—is an up-to-date example. I would not like to claim, as Lorenz does, that redirected attack exhausts the aggressive urge. We know from soccer matches and from animal work how aggressive behavior has two simultaneous, but opposite effects: a waning effect, and one of self-inflammation, of mass hysteria, such as recently seen in Cairo. Of these two the inflammatory effect often wins. But if aggression were used successfully as the motive force behind nonkilling and even useful activities, self-stimulation need not be a danger; in our short-term cure we are not aiming at the elimination of aggressiveness, but at "taking the sting out of it."

Of all sublimated activities, scientific research would seem to offer the best opportunities for deflecting and sublimating our aggression. And, once we recognize that it is the disrupted relation between our own behavior and our environment that forms our most deadly enemy, what could be better than uniting, at the front or behind the lines, in the scientific attack on our own behavioral problems?

I stress "behind the lines." The whole population should be made to feel that it participates in the struggle. This is why scientists will always have the duty to inform their fellowmen of what they are doing, of the relevance and the importance of their work. And this is not only a duty, it can give intense satisfaction.

I have come full circle. For both the long-term and the short-term remedies at least we scientists will have to sublimate our aggression into an all-out attack on the enemy within. For this the enemy must be recognized for what it is: our unknown selves, or, deeper down, our refusal to admit that man is, to himself, unknown.

I should like to conclude by saying a few words to my colleagues of the younger generation. Of course we all hope that, by muddling along until we have acquired better understanding, self-annihilation either by the "whimper of famine" or by the "bang of war" can be avoided. For this, we must on the one hand trust, on the other help (and urge) our politicians. But it is no use denying that the chances of designing the necessary preventive measures are small, let alone the chances of carrying them out. Even birth control still offers a major problem.

It is difficult for my generation to know how seriously you take the danger of mankind destroying his own species. But those who share the apprehension of my generation might perhaps, with us, derive strength from keeping alive the thought that has helped so many of us in the past when faced with the possibility of imminent death. Scientific research is one of the finest occupations of our mind. It is, with art and religion, one of the uniquely human ways of meeting nature, in fact, the most active way. If we are to succumb, and even if this were to be ultimately due to our own stupidity, we could still, so to speak, redeem our species. We could at least go down with some dignity, by using our brain for one of its supreme tasks, by exploring to the end.

References

1. A. Carrel, *L'Homme, cet Inconnu* (Librairie Plon, Paris, 1935).
2. AAAS Annual Meeting, 1967 [see *New Scientist* **37**, 5 (1968)].
3. R. Carson, *Silent Spring* (Houghton Mifflin, Boston, 1962).
4. K. Lorenz, *On Aggression* (Methuen, London, 1966).
5. D. Morris, *The Naked Ape* (Jonathan Cape, London, 1967).
6. N. Tinbergen, *Z. Tierpsychol.* **20**, 410 (1964).
7. R. A. Hinde, *New Society* **9**, 302 (1967).
8. W. S. Hoar, *Animal Behaviour* **10**, 247 (1962).
9. B. Baggerman, in *Symp. Soc. Exp. Biol.* **20**, 427 (1965).
10. H. Kruuk, *New Scientist* **30**, 849 (1966).
11. N. Tinbergen, *Z. Tierpsychol.* **16**, 651 (1959); *Zool. Mededelingen* **39**, 209 (1964).
12. ———, *Behaviour* **15**, 1–70 (1959).
13. L. von Haartman, *Evolution* **11**, 339 (1957).
14. E. Cullen, *Ibis* **99**, 275 (1957).
15. J. H. Crook, *Symp. Zool. Soc. London* **14**, 181 (1965).
16. D. Freeman, *Inst. Biol. Symp.* **13**, 109 (1964); D. Morris, Ed., *Primate Ethology* (Weidenfeld and Nicolson, London, 1967).
17. H. E. Howard, *Territory in Bird Life* (Murray, London, 1920); R. A. Hinde *et al.*, *Ibis* **98**, 340–530 (1956).
18. K. Lorenz, *Evolution and Modification of Behaviour* (Methuen, London, 1966).
19. T. C. Schneirla, *Quart. Rev. Biol.* **41**, 283 (1966).
20. M. D. Knoll, *Z. Vergleich. Physiol.* **38**, 219 (1956).
21. E. Cullen, *Final Rept. Contr. AF 61 (052)-29*, USAFRDC, 1–23 (1961).
22. W. H. Thorpe, *Bird–Song* (Cambridge Univ. Press, New York, 1961).
23. E. von Holst and H. Mittelstaedt, *Naturwissenschaften* **37**, 464 (1950).
24. M. Konishi, *Z. Tierpsychol.* **22**, 770 (1965); F. Nottebohm, *Proc. 14th Intern. Ornithol. Congr.* 265–280 (1967).
25. E. M. Standing, *Maria Montessori* (New American Library, New York, 1962).
26. N. Tinbergen, in *The Pathology and Treatment of Sexual Deviation*, I. Rosen, Ed. (Oxford Univ. Press, London, 1964), pp. 3–23; N. B. Jones, *Wildfowl Trust 11th Ann. Rept.*, 46–52 (1960); P. Sevenster, *Behaviour, Suppl.* 9, 1–170 (1961); F. Rowell, *Animal Behaviour* **9**, 38 (1961).

De la Guerre et de la Paix chez l'Homme et les Animaux

N. Tinbergen

(Résumé)

Grande est l'ignorance où nous sommes encore à l'heure actuelle des causes et des effets de notre comportement. Ces effets nous échappent, et notre environnement s'en trouve tragiquement menacé, alors même que nous sommes censés en avoir conquis la maîtrise grâce à nos réalisations technologiques.

Et cependant, nombre de spécialistes se penchent sur le problème du comportement. Mais leurs efforts sont dispersés : psychiatres, anthropologues, psychologues et autres chercheurs ne semblent pas avoir très bien réalisé à quel point l'éthologie peut leur fournir des perspectives nouvelles.

Dans quelle mesure l'étude du comportment animal favorise-t-elle la compréhension de notre propre comportement ? Il n'est évidemment pas question d'appliquer à l'homme, systématiquement et sans discernement, les conclusions obtenues dans ce domaine : c'est par sa démarche que l'éthologie peut fournir aux autres sciences du comportement une voie de recherche fructueuse, et cette démarche est celle même de la biologie (notions de survie et d'évolution).

A titre d'exemple, l'auteur de cet article étudie la notion d'agression chez les animaux d'abord, chez l'homme ensuite : ses effets et ses causes. Il aborde dans cette perspective les problèmes de l'éducation.

Sobre guerra y paz entre los hombres et los animales

N. Tinbergen

(Resumen)

Es grande la ignorancia en que estamos todavía hoy de las causas y efectos de nuestro comportamiento. No llegamos a comprender los efectos y nuestro medio ambiente resulta pues amenazado trágicamente , cuando se supone que los hemos dominado mediante nuestras realizaciones tecnológicas.

Y sin embargo muchos especialistas examinan el problema del comportamiento. Pero sus esfuerzos resultan dispersos : psiquíatras, antropólogos, psicólogos y demás investigadores parece que no se percataron bien de cuantas perspectivas nuevas la etología puede proporcionarles.

¿En qué medida favorece el estudio del comportamiento animal la comprensión de nuestro comportamiento propio ? Claro que no se trata de aplicar, sistemáticamente y sin discernimiento, al hombre las conclusiones obtenidas a este respecto : con su método la etología puede proporcionar a las demás ciencias del comportamiento un medio de investigación fructuosa, y este método es él de la biología.

Como ejemplo el autor de este artículo estudia la noción de agresión entre los animales, primero, luego, entre los hombres ; sus efectos y causas. En esta perspectiva va tocando los problemas de la educación.

Reprinted from *Science*, vol. 168, 1970, p. 84-90

Social Subordination, Population Density, and Mammalian Evolution

John J. Christian

Natural selection, operating on phenotypic expressions of the genetic material, is generally held to be of fundamental importance in evolution. Natural selection includes environmental selection, by which is meant here the selection of particular correlated phenotypic-genotypic changes or adaptations that confer better survival, including competitive advantages of the genotype, in a new or changing environment. However, the behavioral characteristics of many, if not most, mammals operate to reduce exposure to new or changing habitats. For example, most mammals are reluctant to go beyond the limits of familiar territory—their home range—and generally must be forced to do so. In addition, socially dominant animals usually occupy and hold the most desirable portions of the habitat and are the most successful breeders. In turn, their offspring tend to be dominant. Moreover, mammals generally occupy the habitat for which they are best adapted, and a given species may occupy similar, if not identical, habitats for many millennia. Therefore, if animals occupy a specific habitat and move with it as the habitat shifts with time and climatic change, how can they be subjected to the selective force of environmental changes, and by which mechanisms does mammalian evolution occur? Mammalian evolution might be expected to be conservative and limited to a rate characteristic of the entire ecosystem. However, mammalian evolution has been explosive with respect to rate and diversity.

I suggest that the conservative influence of social dominance is more than offset by other consequences of hierarchical behavior, and that social behavior is a major force in the evolution of mammals. Mammalian selection and evolution may occur to an important degree through the agency of socially subordinate individuals, and it is these individuals that will provide the genetic material involved in adaptation to new circumstances. An example of the operation of the kinds of force I refer to is provided on the one hand by the social tolerance of bighorn sheep that results in their failure to exploit suitable unoccupied habitats and, on the other hand, by the social intolerance of deer and moose that results in their doing so (*1*). Here I examine some of the methods by which social rank and changes in population density might assume importance in mammalian evolution.

The idea that intra- and interspecific competition are important in evolution is, of course, not new. Interspecific competition generally is assumed to have been, and to be, operative in the evolutionary process, and its possible application to the problem of extinction has received considerable attention (*2*). Intraspecific competition, which must be considered primarily at the local level, often has been considered a factor in evolution in rather general terms. However, the potential importance of social subordination in mammalian evolution has not, to my knowledge, been suggested, although some of Haldane's (*3*) remarks regarding population density are pertinent to some aspects of evolution discussed below. Many authors have commented on the importance of surplus individuals in producing strong pressures for dispersal (*4*). In addition, the proportion of individuals dying is roughly proportional to such pressure. However, the possible rôle of social rank in evolution has not been mentioned.

Illustrative examples and documentation for this article are taken mainly from the literature on small mammals, partly because of my personal familiarity with them and partly because they have been studied more than most larger mammals, with notable exceptions such as deer. Usually a single, or only a few, species are mentioned. However, much of what is said may be applicable to many other mammals and inframammalian vertebrates.

First, a brief review of pertinent features of social behavior and related population dynamics of mammals is appropriate. Broadly defined, intraspecific competition refers to direct or indirect competition between members of the same species or population, and also includes reproductive and numerical dominance. However, the term *intraspecific competition* often has been used more restrictively to refer to either overt or less obvious agonistic social behavior of members of the same species or population toward each other. Competition for some environmental factors, such as space, food, or nest site, may or may not be implied when *intraspecific competition* is used in the restrictive sense. Nevertheless, in either usage *intraspecific competition* would reflect the social behavior and organization of populations of a species, although to a greater degree when used in the restrictive sense. However, this difference in usage may be inconsequential because the evolution of intraspecific social competition seems to have resulted in bypassing the inherent dangers of direct competition for environmental necessities (*5*).

Hierarchies of Social Rank

The social organization of most mammals may be based, at least in part, on hierarchies of social rank that consist of a series of dominance-subordination relationships between individuals of a group (usually of the same sex), between families, and between coherent groups having bases of organization other than kinship, or on various combinations of these relationships. It should be noted that, while hierarchical social organization probably is common in mammals and birds and occurs in other vertebrates, it is not universal in animals. Therefore, important as social rank may be in the evolution of mammals and some other vertebrates, it is not a necessary mechanism for speciation or change in adaptation. Such hierarchies may vary considerably in details of arrangement from population to

---

The author is affiliated with the Research Laboratories, Albert Einstein Medical Center, Philadelphia, Pennsylvania.

population. Social organization of rhesus monkeys provides good examples of such relationships (*6, 7*). Individual aggressiveness toward other members of the same species or toward members of other species (intra- or interspecific competition, respectively) is an important overt manifestation of competitive social behavior. Marked differences in aggressive behavior have been observed between individuals, between strains or species, and between sexes. For example, the common meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*) is highly intolerant of, and aggressive toward, other members of its species, whereas the prairie vole (*M. ochrogaster*) is highly tolerant of, and nonaggressive toward, other members of *its* species, but is dominant over *M. pennsylvanicus* (*8*). This difference will be referred to again.

Overt intraspecific aggressiveness is an important factor in establishing and maintaining rank hierarchies in many species—for example, the house mouse and the meadow vole—but it is not mandatory, as the establishment of rank may involve much more subtle behavioral factors. On the other hand there may be a direct relationship between (i) the degree of overt aggressiveness and (ii) the magnitude of dispersal with increased density, and the associated increase in contacts between animals; the general level of aggressive interaction may be greatly increased and, with it, the force to disperse.

Social hierarchies, as such, also constitute a major force for dispersion. Such hierarchies may be of individuals or of groups, but for simplicity I limit discussion here to the former. Low-ranking individuals are generally forced to emigrate from their birthplace and to find space in suitable habitat unoccupied by higher-ranking members of the same species or by members of dominant competing species. It is almost axiomatic that socially subordinate individuals (usually maturing young animals) that are forced to disperse have an extremely high rate of mortality (*9*). Few find suitable vacant niches and survive. However, some of these pioneers will become socially dominant in the new situation.

Gene-flow may be considerably reduced through the function of hierarchies because (i) some aggressive characteristics productive of dominance can be inherited (*10*), (ii) dominant individuals may account for a disproportionately large share of the breeding in a population (*11, 12*), and (iii) there is restricted genetic interchange between subunits, or demes, of a population associated with territoriality and limited home ranges (*11, 13*). For example, if the offspring of dominant animals are dominant, they too will remain in their territory, thus limiting the spread of traits characteristic of dominant animals. Therefore one might expect to find an increase in the prevalence, and a decrease in the variability, of aggressive behavior in succeeding generations. However, progressively greater aggressiveness has not been observed in natural populations. Moreover, there do not appear to be marked differences in aggressiveness between natural populations of a particular subspecies, or of a species, such as might be expected if dominance was determined solely by genetics. There are a number of possible explanations for the apparent absence of unidirectional selection for aggressiveness. (i) Dominance appears to be, at least in part, a function of time and place, particularly at the local level; the first animals born early in the history of a population or early in each breeding season are likely to be dominant over animals born later (*7, 12, 14*). Age and size may largely determine dominance (*7, 10*). (ii) Dominance is relative and not a function of an inborn absolute amount of aggressiveness. If all low-ranking male mice from a number of populations are placed together, a new hierarchy emerges. The same thing occurs if all dominant males are placed together. (iii) There is probably an optimum degree of aggressiveness for a particular species, beyond which increases in aggressiveness may be incompatible with adequate reproduction and survival. Experimental evidence on physiological responses to increased density and aggressiveness suggests that extreme aggressiveness and high reproductive rates may be incompatible (*15*). The essence of the foregoing considerations is that it is not likely that there is continued selection for increasing genetically determined aggressiveness.

These and other components of population dynamics may exhibit wide variations from year to year, so no hard and fast quantitative rules can be derived that will be valid generally. Details of density-dependent inhibition of maturation and the pertinence of the size of overwintering populations have been discussed in some detail elsewhere (*15, 16*). But, in particular, inhibition of maturation, whether density-dependent or density-independent, of young born late in the breeding season may be a mechanism that has evolved that insures an adequate breeding population an optimum habitat for the succeeding breeding season.

An example of both (i) the relationship between high aggressiveness and inhibition of breeding and (ii) the survival value of inhibition of the maturation of animals born late in the breeding season is given by a population of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). In the breeding season of a year of high population density, all mature males were scarred from fighting, often severely so, but immature males were completely unscarred (*17*). As soon as the young males began to mature they became scarred, and probably were less likely to breed as a result of such social strife (*15*). Early termination of the breeding season by virtue of inhibition of maturation of animals born late in the season generally accompanies such high densities and the attendant increase in intraspecific strife. Thus, excessive density and aggressiveness may interfere with reproduction. Also it may be surmised from the absence of scars on immature males that they were not attacked and so were not driven to disperse. Thus, males whose maturation is inhibited may remain unattacked in their original territory from the end of one breeding season to the beginning of the next. Such males probably account for 90 percent or more of the breeding population at the beginning of each new season.

Population Densities

Population density acting in concert with intraspecific competition is a major component of the force to disperse (*4, 18*). When densities are very low, a higher proportion of subordinate individuals can find suitable areas in the preferred habitat, the number of dispersing animals is reduced, and the survival of subordinate animals is greatly increased. Broadly speaking, in natural populations of small mammals it is the young each year that comprise the bulk of subordinate animals, and generally only those young that succeed in occupying and establishing themselves in a suitable habitat become dominant. To what degree such dominance is genetically determined is not known.

The dynamics and consequences of hierarchical social organization have been studied for muskrats (*9*) and woodchucks (*Marmota monax*) (*19*). In a study of *Peromyscus* it was shown that, when maturing males are released into an incompletely filled habitat, they are able to establish themselves between the areas occupied by resident individuals, but when the available areas are filled, other animals released into the same habitat disperse and usually disappear (*20*). Comparable results have been obtained from other studies of populations of *Peromyscus* (*21*). When densities are high, the proportion of dispersing individuals is greater (*18*). Despite the increase in mortality that accompanies dispersal movements, it also follows that increasingly more marginal and submarginal habitats should become occupied as density increases. The ultimate effects of excessive densities on the involved populations are discussed elsewhere (*16, 22*) and are not particularly germane to the subject at hand.

The density of many populations of mammals, particularly that of small mammals with high reproductive potential, fluctuates more or less regularly. With each major fluctuation there is a progressive increase in density from year to year, until some maximum is reached; this is followed by a rapid decline. The general magnitudes of the maxima appear to be characteristics of the species and habitat. In addition to fluctuations from year to year (interannual fluctuations) there are increases and decreases in density within a single year (intra-annual fluctuations). Both intra- and interannual increases result in dispersal of subordinate individuals. Overwintering, usually immature, small mammals form the breeding population early in the breeding season each year. However, their mortality is high, and they are replaced by younger recruits, probably drawn from the first wave of litters in the breeding season. The individuals born subsequently comprise the dispersing populations and are, for the most part, probably subordinate. As density increases interannually, the force for dispersal, on the average, increases intra-annually until, in the final year of a "cyclic" increase of some species, the numbers dispersing may reach staggering proportions.

Similar changes may occur in the densities of populations of large mammals, but the time bases are greater. On the other hand, for many species there is little interannual fluctuation in population size, yet dispersal forces still operate intra-annually. The difference between intra-annual and interannual fluctuation in density is primarily quantitative; much wider dispersal accompanies the latter. In either case the vast majority of mammals forced to disperse fail to survive. Nevertheless, once in a great while a dispersing individual may, one would suppose, harbor a mutation or genetic change that increases its ability to adapt to the new surroundings and improves its chances of survival. It is such individuals that should be the basis for evolutionary changes. A suboptimum area could be invaded repeatedly by countless numbers of individuals before a genetic change permitting adaptation occurred. Thus, the dispersal of large numbers of socially *subordinate* individuals into new environments may provide the wherewithal for natural selection, in contrast to the relative conservatism of dominant individuals in an optimum habitat.

In summary, the important points of the foregoing discussion of competitive social behavior are (i) that populations of mammals are generally organized in social hierarchies; (ii) that low-ranking, predominantly young individuals usually are forced to disperse; (iii) that the genetic variability necessary for adaptation and evolution is carried by subordinate individuals; (iv) that the proportion of low-ranking individuals generally increases in association with an increase in the forces for dispersal with increasing density; (v) that the amount of less-than-optimum habitat occupied increases with increased dispersal; (vi) that dispersing individuals may be forced into competition with members of other species as they move into more or less alien habitats; and (vii) that inhibition of maturation late in the breeding season results in insuring the presence of a breeding population in the preferred habitat the following season.

The selective breeding and dispersal that generally accompany social organization should have important genetic and evolutionary consequences. And if genetic change and its correlated phenotypic expression are the basis of evolution (*23*), genetic change should be an essential component of the mechanism hypothesized here. The role of genetics in evolution and the sources of genetic variation are amply discussed in several recent accounts (*23–26*).

Optimum Habitat

Most mammals at a given time occupy ecological niches within their general ranges to which they are highly, if not maximally, adapted and for which they show a marked preference. Such a niche may be considered a mammal's optimum habitat, and it can be defined further as that habitat which the mammals in question occupy regularly despite seasonal and other relatively short-term climatic changes and at times of minimum population density. In the last instance, such habitats may be considered refugia. For the most part, they are not the only habitats occupied; mammals may regularly disperse into, and occupy, less advantageous habitats under the pressures of increasing population density and intraspecific social competition. In some instances the optimum habitat may be a temporary seral stage, but one that occurs sufficiently frequently to become available for occupancy regularly as other, similar areas pass into the next seral stage and become uninhabitable for a particular species. A successful, dominant mammal will not leave its preferred habitat, and only animals forced to do so will migrate to other, marginal habitats. This is such a well-known and well-documented fact for many species that it has become axiomatic. Dispersing mammals tend to select habitats as much like the original one as possible, but, as dispersal pressure builds with increasing population density, they tend to disperse into a gradient of habitats differing from the original to increasingly greater degrees. As noted above, life expectancy for the vast majority of such mammals is very poor. Thus it seems unlikely that most mammals are subjected directly to the selective force of a significant change in the environment. Selection among dominant animals in an optimum habitat probably can lead only to further specialization, at a slow rate, for that habitat, since there would be no pressure forcing individuals to go in other directions. Optimum habitats rarely and only gradually change in character and only slowly change in location, and dominant individuals move with geographic shifts. For example, with the advance and retreat of glaciers, it is unlikely that the dominant members of a species were forced into new habitats by climatic or environmental changes, and more likely that they remained in their preferred niche as this niche advanced or retreated with changes in climate, whether in a desert, a tundra, or other type of habitat (*2, 27*). With advancing glaciation during the Pleistocene there was a general shift southward of whole faunas that have since retreated northward again (*27, 28*). Arctic shrews (*Sorex arcticus*), northern bog lemmings (*Synaptomys borealis*), and pine martens (*Martes americans*) occurred in Tennessee. Spruce voles (*Phenacomys* cf. *ungava*), yellow-cheeked voles (*Microtus xanthognathous*), and other species of recent boreal mammals were found in Pennsylvania, whereas their present distribution is considerably farther north. During the late Pleistocene period of glacial advance these mammals apparently occupied habitats in Pennsylvania or Tennessee that were quite similar to, but perhaps not completely identical to, those they now occupy either much farther north or as relicts in the boreal zones of higher altitudes. These mammals "moved" with their habitats as the latter changed in latitude (or altitude) with glacial climatic changes. It is reasonable to assume that this continued occupancy of the same type of habitat as it moved; or moves, with major climatic changes was and is the rule for most mammals. Therefore, potential or presumed direct impact of environmental change on a particular species probably is seldom realized, since, as far as the mammals are concerned, significant environmental change probably did not occur. The mammals considered in this article dispersed to areas peripheral to the core of their optimum range instead of changing their habitat.

Social Behavior as a Force in Mammalian Evolution

However, evolution has taken place, new species have evolved, and the changes do correlate with major environmental changes. What, then, occurs that ultimately results in environmental selection? One must assume that forces for evolution were operative and that these forces promoted exploitation of new environments where the probability of occurrence of adaptive genetic changes was increased and where environmental selection could operate on preexisting as well as new genetic variability. Subsequently geographic and reproductive isolation would complete the requirements for speciation (see, however, *13*). Given the conditions outlined above, it seems reasonable to suggest that social behavior, particularly dominance-subordination hierarchies, leading to dispersal of subordinate individuals constitutes a major force in mammalian evolution and provides a reasonable explanation for a number of features of such evolution, particularly at a local level. The fundamental tenet of the present hypothesis is that dispersal of subordinate individuals into marginal or suboptimum habitats provides an opportunity for environmental selection to operate on the genetic variation in environments which differ from that preferred by the dominant members of a species, and thus to improve chances for species survival and change. If adaptation in a new environment depends on existing genotypic variability in a subordinate animal, the animal might be considered to be "pre-adapted" or prospectively adapted. Since selection operates on phenotypes, any genetic variation or genetic mutation would necessarily have to have an advantageous, or at least neutral, phenotypic expression in order to be selected (*23*). Once a subordinate individual has moved into a less-than-optimum environment, the processes of natural selection and genetic variation presumably operate, as generally described by modern evolutionary theory (*23–26*). It seems likely that the dominant core of a population or species is rarely primarily involved in the evolutionary process. Presumably reproductive isolation must eventually isolate the evolving group in order for speciation to occur (but see *13*).

Such a behavioral mechanism seems appropriate to explain the evolutionary events that have resulted in the present 14 species of finches in the Galapagos Islands. The original invaders occupied a habitat closest to their original habitat. Subsequently, countless subordinate individuals were driven off into other kinds of habitat, unoccupied by competing passerines. Eventually, a mutation occurred in one of these, which provided improved chances of survival in marginal habitat. The rest of the process logically follows, with successive occupancy of, and adaptation to, other habitats. What is new in this account of the evolution of these finches is the proposed role of socially subordinate birds and their enforced dispersal into marginal habitats.

The proposed subordination-dispersal force for evolution has a number of other features. First, it would include the flexibility and adaptive characteristics of behavior, defined as the capacity to learn and to adapt to new environmental situations (*26*). Second, intraspecific competition presumably would become more important as invasion of new environments took place. Interspecific behavioral competition would have the same potentialities, in this situation, as intraspecific competition discussed above. However, interspecific competition has dual potentialities: it may lead to evolution, on the one hand, or to extinction of one of the two competitors, on the other, depending on their relative degree of adaptation and on the intensity of the competition. Intraspecific competition should not lead to extinction unless it became so severe that excessive mortality dominated, rather than reproduction and dispersal. (This conceivably could be the case in some microtines.)

A subordination-dispersal mechanism should affect the rate of evolution, particularly if the rate of mutation is not the limiting factor, which it appears not to be (*23*). The intensity of dispersive forces in a population undoubtedly varies directly as some function of population density and of the degree of mutual intolerance, short of a degree of intolerance resulting in inadequate reproduction or excessive mortality. Therefore the rate of evolution should be enhanced by greater dispersive forces and increased numbers (*29*). That is, the opportunity for adaptive genetic change and for environmental selection would be expected to increase progressively as greater numbers of animals dispersed into increasingly diverse habitats. Of course, the rate of evolution would be on a geologic time scale, although the opportunities for genetic change and selection would occur very frequently. An increase in speciation might be expected in association with increased intraspecific intolerance, provided that occupied areas of optimum habitat were within larger areas having sufficient ecological diversity to allow selection to operate on the genotypes of surviving subordinate individuals, and that reproductive isolation from the central (or parental) population was eventually achieved. Continued survival in a new ecological niche or suboptimum habitat presumably would involve a series of mutations in colonizing animals over a long period. A second, but less rigid, requirement would be that there would be no animals already occupying the ecological habitat into which the migrants moved, or that the migrants with their new adaptive mutations would be dominant over any such occupants. Thus, one would predict a burst of evolutionary change, followed by evolution in situ, upon occupation of a totally new and unoccupied area with suitable and diversified habitats.

Species that experience regular extreme highs in population density might be more likely to exploit, and to evolve in, new environments than those that had evolved sensitive and effective density-dependent mechanisms for limiting population growth at relatively low densities. Also, relatively nonaggressive species would not be expected to evolve as rapidly, or to the same degree, as more aggressive ones. Furthermore, the less aggressive species would be expected to exploit available environments less completely.

Periodic Irruptions

In addition, different species exhibit quantitatively different degrees of population fluctuation. For example, species of the genus *Peromyscus* seldom reach the spectacularly high levels of population that are achieved by some of the microtines. Furthermore, there is great variation among the microtines themselves. Among the most spectacular and most publicized of these upsurges are the great irruptions of lemmings (several species of *Lemmus* and *Dicrostonyx*). Meadow (*Microtus pennsylvanicus*), montane (*M. montanus*), and other voles also may occasionally experience spectacular irruptions and usually exhibit rather marked fluctuations in numbers. On the other hand, prairie voles (*M. ochrogaster*), as well as some other microtines, rarely reach such spectacular numbers, and their reproductive potential appears to be lower than that of many other members of the genus (*30*).

An explanation of the periodic irruptions of a number of microtines may lie in the characteristics of their original habitat prior to deforestation and agricultural use of the land (particularly for hay, fodder, and grains) by man. For example, *Microtus pennsylvanicus*, and possibly some other species of *Microtus* with similar ecological requirements may once have been restricted largely to temporary wet grasslands, such as "beaver meadows" created by abandonment of beaver dams. Such temporary meadows usually progress rapidly through seral stages of reforestation. Therefore a species that depended on such a habitat could not have survived long unless it had evolved mechanisms for discovering and exploiting newly created similar habitats. For example, I recently observed an invasion of a beaver meadow by *M. pennsylvanicus* in less than a week after its creation, in a year when the vole population was very high. Furthermore, the voles had to cross inhospitable forest habitat to invade the meadow. The marked fluctuations in the populations of *M. pennsylvanicus* may have served this end by periodically producing large numbers of migrants. The period between irruptions necessarily would have to be shorter than the temporary grass stage of the beaver meadows. Evolution of a dispersive force would be absolutely essential in such a situation. The development of social hierarchies (with accompanying intraspecific aggressiveness and intolerance) in combination with high population density would create a large number of subordinate individuals that would be driven from the habitat of their birth by dominant individuals, once the available home habitat was filled. The vast majority of such migrants would quickly and inevitably die. A very few would reach unexploited, newly created habitat and survive. Thus, new populations would be established by subordinate migrants, and constant repetition of the process would insure survival of the species as a whole.

Of course, *Microtus pennsylvanicus* has been able to exploit agricultural lands and is extremely common and widely distributed. This vole is much more intolerant of other members of its own species than is *M. ochrogaster*, an inhabitant of the extensive prairie grasslands of North America (*8*), and this may be a pertinent factor. Superficially, this intolerance appears to be a process for selecting social subordination, but, as mentioned above, establishment of social rank in a given population may be more a matter of time and place than of genetics. Similar expansion into man-made habitats has occurred with root voles (*M. oeconomus*) in Finland (*31*). These voles prefer habitats that are very small and discontinuous, but under the pressure of increasing density they may occupy previously uninhabited suboptimum habitat. This dispersion occurs mainly at the time of seasonal change in habitat, and it is young voles that occupy these habitats. In addition, these voles, in years of high population density, drive field voles (*M. agrestis*) from their usual habitats.

In contrast to species such as *Microtus pennsylvanicus*, there are those that originally inhabited continuous and extensive areas of relatively similar habitat, such as the extensive deciduous forest of eastern North America and the great plains of central North America prior to the advent of Europeans. Some members of the genus *Peromyscus* (for example, *P. maniculatus*) may be representative of such species. They seldom irrupt, and their population densities seem to be under much more effective control than is the case with regularly irruptive species. Their reproductive function evidently is much more sensitive to inhibition than is that of those microtines and other small rodents that have been tested (*15*, *17*). Differences in food requirements usually appear not to be an important contributing factor in accounting for the different degrees of regulation of population size in *Microtus* and *Peromyscus*. Therefore, we have an interesting situation: one species, *M. pennsylvanicus*, may have survived because it did not evolve an efficient negative-feedback control of population size, whereas *P. maniculatus*, for example, may have survived because it did, and thereby avoided the potential danger of overexploitation of the environment. However, *M. pennsylvanicus* has taken advantage of the vast grasslands created by agriculture, but it has retained its characteristic fluctuations in population, which are inappropriate now. If the foregoing hypothesis is valid, and if present agrioultural practices persist long enough, the meadow vole should eventually evolve more effective control of its population densities. In the interim it would face the threat of extinction if it should reach such low numbers after a peak that it was unable to recover from the decline. Social dominance of meadow voles by the grassland inhabitants (*M. ochrogaster*) (*8*) and *Peromyscus maniculatus bairdii* (*32*), by the woodland inhabitants *P. leucopus* (*32*) and *Clethrionomys gapperi* (*33*), and probably by other socially dominant species may limit the expansion of meadow voles into other habitats. *Peromyscus leucopus* also is dominant over *Microtus ochrogaster* and may limit the latter to cultivated fields (*34*).

Somewhere in between the group of mammals represented by *Microtus* and those represented by *Peromyscus maniculatus* are house mice and Norway rats, which appear to be essentially opportunistic in their ability to exploit man-made habitats and to irrupt under favorable conditions. In other words, they are potentially, but not regularly, irruptive.

Arctic and Subarctic Species

In the case of the Microtinae, the problem of those species that inhabit the extensive and relatively uniform arctic and subarctic tundras remains to be considered. Lemmings of the genera *Lemmus, Phenacomys, Synaptomys*, and *Myopus* are generally considered to be among the more primitive of the microtines (*35*). It is conceivable that at one time the ancestral predecessors of today's arctic lemmings —*Lemmus, Dicrostonyx*, and, to a lesser extent, *Phenacomys, Synaptomys (Mictomys)*, and *Myopus*—inhabited temporary grasslands and evolved a mechanism for exploiting new and temporary habitats similar to the mechanism proposed for *Microtus*. For example, *Dicrostonyx*, while highly evolved for its arctic habitat, seems to have occupied similar less boreal and discontinuous parklike habitats, and later to have survived only in more purely arctic habitats. There is recent evidence that a relatively boreal parkland-coniferous forest existed in Pennsylvania during the late Pleistocene, and that *Dicrostonyx* did indeed occupy these discontinuous grassy parklands that were interspersed in a region of boreal coniferous forest (*27, 36*). *Dicrostonyx* disappeared with the subsequent gradual transition of boreal parkland to boreal forest and is now restricted to the arctic tundra. If such is the case, then one must assume that the collared lemming (*Dicrostonyx* sp.) adapted to and occupied the arctic much earlier than *Lemmus* and closely related forms did, since the collared lemmings exhibit much greater adaptive specialization for arctic conditions and also appear to have diverged from ancestral microtine-like stock very early in the evolutionary history of the group (*35*). Subsequently they may have survived only in increasingly boreal habitats as a result of competition from more newly evolved, dominant species, possibly microtines, which replaced them in the temporary and more temperate habitats, much as field voles (*Microtus agrestis*) are driven from man-made habitants in Finland by root voles (*M. oeconomus*) in years when population density of the species is high (*31*). Other lemmings, such as species of *Synaptomys*, now occur in several types of habitat other than grassland, but they appear to be subordinate to *Microtus* where the two occur together, and *Synaptomys* is rarely found in the preferred habitats of *Microtus*. The arctic lemmings also may have retained the social characteristics and population responses that are necessary for colonizing new habitats, responses which now are inappropriate for most of their range. However, lemmings (*L. lemmus*) may invade essentially alien habitats and regions in years of high population density, and may even drive regular inhabitants from their customary habitats (*31*). Whether these events actually occurred in the evolution of arctic lemmings may never be determined, but it is a possible explanation for their apparently useless and violent fluctuations in population size. It seems likely that genetic exchange could take place in lemming populations without extreme fluctuations, as it does in many other species.

Density-Dependent Inhibition of Reproduction

A high reproductive potential and the ability to realize it rapidly are characteristic of microtines and of many other irruptive species of mammals. Nevertheless, reproduction is progressively inhibited as density increases, and may be totally suppressed if densities become sufficiently high (*15*). The inhibition of reproduction is part of a density-dependent endocrine response that also may include increased adrenocortical activity and its sequelae. This density-dependent feedback is believed to operate through social intolerance and aggressiveness in conjunction with increased numbers (*16*). Therefore, if social intolerance and relatively high numbers constitute a force for dispersal and exploitation of new habitats by mammals basically adapted to discontinuous habitats, one might expect more conspicuous changes in adrenocortical and reproductive function with changes in population density in these mammals than in more socially tolerant mammals adapted to continuous habitats. The adrenocortical responses associated with social rank and increased density—and their sequelae, such as decreased resistance to disease—may be considered nonadaptive in terms of individual survival and a disadvantageous by-product of social intolerance and high densities. On the other hand many species adapted to continuous habitats seem to have evolved greater social tolerance, and a more sensitive regulation of reproductive function that serves generally to maintain their populations at relatively lower densities than those of irruptive species. Thus, in mammals adapted to continuous habitat, with their greater social tolerance and more moderate population densities, one might expect much less adrenocortical response to changes in density than one expects in irruptive or potentially irruptive species such as many microtines, house mice, and rats. The lack of correlation between adrenocortical activity and rank or density, together with the marked sensitivity of reproductive function to inhibition by subordinate rank or increased density, in the prairie deer mouse (*Peromyscus maniculatus bairdii*) (*10, 15*) may reflect adaptation to a continuous habitat, with evolution of an efficient feedback mechanism to limit population growth well below irruptive levels. On the other hand, behavioral intolerance and adrenocortical and other density-dependent physiological responses occur in the white-footed mouse (*P. leucopus*) that inhabits serally temporary brushlands and forest edges, as well as in *Microtus pennsylvanicus* and lemmings that, presumably, are basically adapted to discontinuous habitats (*15, 37*). Extensive continuous habitats, which do not impose the necessity for regular dispersal and exploitation of new sites, may have resulted in selection against social intolerance and the adrenocortical and related reactions that accompany it in favor of more benign behavior and more direct and sensitive regulation of reproductive function that usually curtails population growth at levels well below those often achieved by microtines exhibiting extreme fluctuations in population.

A Unifying Hypothesis

Consideration of these problems has led to a unifying hypothesis concerning the direct and important role of social competition—in particular, the role of the subordinate individual—in natural selection and evolution. The essence of this hypothesis is that intraspecific competition is a major force in evolution and that genetic changes on which selection operates are found in these socially subordinate individuals. The probability that an adaptive genetic change will occur will be greater in an environment less favorable than that occupied by the central or parent population. The odds will automatically be increased, in many species of mammals, by the great numerical predominance of subordinate migrants over dominant core residents. Thus, the raw material for speciation by way of natural selection is the rare subordinate migrant that survives in a new habitat. It may be that in these individuals, in suboptimum habitats, genetic change can improve the chances for survival and increase adaptation by selection. It is also suggested that more effective density-dependent control of population growth has evolved in continuous habitats than in discontinuous habitats, where marked social intolerance leads to dispersal and to marked density- and rank-dependent adrenocortical responses. Finally, it is suggested that inhibition of maturation of mammals born late in the breeding season may have evolved as a means of insuring an adequate breeding population in the following breeding season.

References and Notes

1. V. Geist, *Natur. Hist.* **76**, 24 (1967).
2. J. E. Guilday, in *Pleistocene Extinction, The Search for a Cause*, P. S. Martin and H. E. Wright, Jr., Eds. (Yale Univ. Press, New Haven, Conn., 1967), p. 121.
3. J. B. S. Haldane, *Proc. Roy. Soc. Ser. B Biol. Sci.* **145**, 306 (1956).
4. P. J. Darlington, Jr., *Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals* (Wiley, New York, 1957).
5. J. J. Christian, *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.* **47**, 428 (1961); V. C. Wynn-Edwards, *Animal Dispersion in Relation to Social Behavior* (Oliver and Boyd, Edinburgh, 1962).
6. S. A. Altman, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **102**, 338 (1962); C. H. Southwick, *ibid.*, p. 436.
7. C. B. Koford, *Science* **141**, 356 (1963).
8. L. L. Getz, *J. Mammalogy* **43**, 351 (1962).
9. P. L. Errington, *Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* **320**, 797 (1943); *Quart. Rev. Biol.* **21**, 144 (1943); *ibid.*, p. 221; *Ecol. Monogr.* **24**, 377 (1954).
10. A. M. Guhl, J. V. Craig, C. D. Mueller, *Poultry Sci.* **39**, 970 (1960); R. E. Wimer and J. L. Fuller, in *Biology of the Laboratory Mouse*, E. L. Green, Ed. (McGraw-Hill, New York, ed. 2, 1966), p. 631.
11. P. K. Anderson, in *Mutation in Population* (Akademia, Prague, 1965), p. 17; C. R. Terman, *Ecology* **46**, 890 (1965).
12. J. A. Lloyd and J. J. Christian, *J. Mammalogy* **50**, 49 (1969).
13. P. R. Ehrlich and P. H. Raven have recently discussed the relationship of gene flow to differentiation of populations and have emphasized the overriding importance of selection [*Science* **165**, 1228 (1969)].
14. J. B. Calhoun, *Science* **109**, 333 (1949); R. Mykytowycz, *CSIRO (Commonw. Sci. Ind. Res. Organ.) Wildlife Res.* **4**, 1 (1959)
15. J. J. Christian, *Bull. Sinai Hosp. Detroit* **47**, 108 (1970).
16. ———, *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.* **47**, 428 (1961); ———, in *Physiological Mammalogy*, W. V. Mayer and R. G. Van Gelder, Eds. (Academic Press, New York, 1963), vol. 1, p. 189.
17. ———, "Fighting, maturity, and population in *Microtus*," in preparation.
18. D. B. Van Vleck, *J. Mammalogy* **49**, 92 (1968).
19. F. H. Bronson, thesis, Pennsylvania State University (1961); ———, *Ecology* **44**, 637 (1963); ———, *Anim. Behav.* **12**, 470 (1964); D. E. Davis, J. J. Christian, F. H. Bronson, *J. Wildlife Manage.* **28**, 1 (1964); E. D. Bailey, *J. Mammalogy* **46**, 438 (1965).
20. L. H. Metzger, paper presented before the 47th Meeting of the American Society of Mammalogists (1967).
21. M. C. Healey, *Ecology* **48**, 377 (1967).
22. See, for example, C. Elton, *Voles, Mice and Lemmings* (Clarendon, Oxford, 1942); D. Chitty, *Phil. Trans. Roy. Soc. London Ser. B Biol. Sci.* **236**, 505 (1952); O. Kalela, *Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A IV Biol. No. 34* (1957); F. Pitelka, "Arctic biology," paper presented at the 18th Biology Colloquium, Corvallis, Oregon, 1957; K. Murray, *Ecology* **46**, 163 (1965).
23. G. G. Simpson, *The Major Features of Evolution* (Simon & Schuster, New York, 1953).
24. ———, *The Geography of Evolution* (Capricorn, New York, 1965); E. Mayr, *Animal Species and Evolution* (Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1963).
25. T. Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species* (Columbia Univ. Press, New York, 1941).
26. J. M. Smith, *The Theory of Evolution* (Houghton Mifflin, Boston, Mass., 1966).
27. J. E. Guilday, P. S. Martin, A. D. McCrady, *Bull. Nat. Speleol. Soc.* **26**, 121 (1964).
28. C. W. Hibbard, *Mich. Acad. Sci. Arts Lett. Rep.* **44**, 3 (1959); J. E. Guilday and M. S. Bender, *Ann. Carnegie Mus.* **35**, 315 (1960); J. E. Guilday, H. W. Hamilton, A. D. McCrady, *Palaeovertebrate (Montpellier)* **2**, 25 (1969).
29. S. Wright [*Genetics* **16**, 97 (1931); *Amer. Natur.* **74**, 232 (1940); in *The New Systemics*, J. Huxley, Ed. (Clarendon, Oxford, 1940), pp. 161–183] has pointed out that there is an optimum inter-deme gene flow and population size for evolution. For example, it could be argued that, if *Microtus pennsylvanicus*, an organism found in discontinuous habitat,. did not undergo explosive population growth and dispersion, it would have speciated over its range into a variety of other species, I cannot deal here with the influence of social behavior on these optima; suffice it to say that mechanisms to which I draw attention in this article are assumed to work in parallel with those which classically have been thought to determine evolutionary rates, although I expressly wish to point out the simplifying nature of this assumption.
30. S. A. Asdell, *Patterns of Mammalian Reproduction* (Comstock, Ithaca, N.Y., 1946).
31. J. Tast, *Ann. Zool. Fenn.* **3**, 127 (1966); *ibid.* **5**, 230 (1968); *Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A IV Biol. No. 136* (1968).
32. J. O. Murie, thesis, Pennsylvania State University (1967).
33. A. W. Cameron, *Evolution* **18**, 630 (1965); G. C. Clough, *Can. Field Nat.* **78**, 80 (1964).
34. J. O. Whitaker, *Ecology* **48**, 867 (1967).
35. E. T. Hooper and B. S. Hart, *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. No. 120* (1962).
36. J. E. Guilday, *Amer. Midland Natur.* **79**, 247 (1968).
37. J. J. Christian and D. E. Davis, *J. Mammalogy* **47**, 1 (1966); ———, in *Comparative Endocrinology*, A. Gorbman, Ed. (Wiley, New York, 1959), p. 71; R. V. Andrews, *Physiol. Zool.* **41**, 93 (1968).
38. I gratefully acknowledge the helpful comments and criticism in the preparation of this manuscript of George G. Simpson, Carleton S. Coon, John E. Guilday, William H. Burt, J. Kenneth Doutt, David E. Davis, Kenneth Meyers, David Van Vleck, Louise Baenninger, Samuel Horowitz, my students, my associates, and others. However, responsibility for the interpretation and use of these suggestions is mine, and others should not be held accountable for errors of omission or commission. Much of the work on which this article is based was supported by the U.S. Navy, the National Institutes of Health, and C.S.I.R.O. Wildlife Management, Australia.

Dependencia social, población, densidad y evolución de los Mamíferos

J.J. Christian

(Resumen)

Se considera generalmente como fundamentalmente importante en la evolución la selección natural. Sin embargo unos cuantos mamíferos, para conservar condiciones de vida suficientes, cambian de área cuando ésta no es más adecuada.

El autor sugiere como mecanismo de evolución la influencia del comportamiento social de los individuos. Varias observaciones parecen ir en este sentido.

- la organización en sociedad jerarquizada de la mayoría de los mamíferos ;
- la dispersión necesaria a la supervivencia de individuos , con predominio de los jóvenes y a la base de esta sociedad;
- la variabilidad genética muy importante en este grupo permitiendo la adaptación y evolución ;
- el incremento de dichos individuos, de fuerte variabilidad genética, cuando aumenta la densidad de población;
- la competición interespecífica cuando buscan nueva área.
- la inhibición de reproducción a fines de temporada asegurando mejores condiciones de reproducción para la siguiente temporada.

De estos hechos el autor saca la hipótesis siguiente : esta competición interespecífica, fuerza mayor de la evolución, y las possibilidades de cambios genéticos en los que opera la selección, existen sobre todo entre los individuos socialmente dependientes. La probabilidad para que un cambio genético adaptativo intervenga, aumentará con el número de individuos susceptibles de emigración.

Habrá aparición de nueva especie por selección natural cuando pueda sobrevivir un individuo colocado en nuevas condiciones de vida ; un cambio genético será susceptible de ameliorar sus posibilidades de supervivencia.

Dépendance sociale, population, densité et évolution des Mammifères

J.J. Christian

(Résumé)

La sélection naturelle est généralement considérée comme étant d'une importance fondamentale dans l'évolution. Cependant un certain nombre de mammifères, afin de conserver des conditions de vie convenables, changent d'habitat lorsque celui-ci n'est plus adapté.

L'auteur suggère comme mécanisme d'évolution, l'influence du comportement social des individus. Plusieurs observations semblent aller dans ce sens :

- l'organisation en société hiérarchisée de la plupart des mammifères ;
- la dispersion nécessaire à la survie d'individus, à prédominance jeune et situés à la base de cette société ;
- la variabilité génétique, très importante dans ce groupe, permettant l'adaptation et l'évolution ;
- l'augmentation de ces individus à forte variabilité génétique dès qu'augmente la densité de population ;
- la compétition interspécifique lors de la recherche d'un nouvel habitat ;
- l'inhibition de reproduction en fin de saison assurant de meilleures conditions de reproduction pour la saison suivante.

De ces faits l'auteur tire l'hypothèse suivante : cette compétition intraspécifique, force majeure de l'évolution, et les possibilités de changements génétiques sur lesquels opère la sélection, existent surtout chez les individus socialement dépendants. La probabilité pour qu'un changement génétique adaptatif intervienne augmentera avec le nombre d'individus susceptibles de migrer.

Il y aura naissance d'espèces nouvelles par sélection naturelle lorsqu'un individu, placé dans de nouvelles conditions, pourra survivre ; un changement génétique sera susceptible d'améliorer ses chances de survie.

3

Educational methods and techniques

3

Méthodes et techniques pédagogiques

PUTTING VISUAL AIDS INTO PERSPECTIVE

W.J. Guild

B.Sc., P.hd.
Department of Agriculture, University of Edinburgh

Visual aids

Two magic words that are widely used in education today. Words that conjure up visions of a transformation from dull and monotonous textbook teaching and learning, to clear, stimulating and enlightened presentation. This vision can be very real, but like all visions, it too often fades away when you try to get a real grip of it.

Visual aids are fashionable at the present time, particularly among the younger generation of teachers, at all levels in education, and many of them may feel that as far as progress in teaching methods is concerned, without a cluster of buttons, switches and screens they are definitely not 'with it'. It should be remembered, however, that just as it is true to say that too much talk can result in boredom and loss of concentration, - in one ear and out the other, - so also can too much visual stimulation, - in one eye and out the other.

Consider the extremes. At one end of the visual usage scale is the teacher who relies on the blackboard alone with possibly some well worn charts or pictures, while at the other end is the equipment studded room with television tripod and underbench cameras with their flickering screens, pulse-synch. tape/slide projector, back screen cine projector 8 mm., standard cine projector 16 mm., and with the outdated (in this context) blackboard replaced by a short focus overhead projector and angled screen... all operated from a console and within reach of the teacher's arm. The former set up can look and feel little different from a bleak barrack room, while the latter may be more comparable to an operating theatre prepared for transplant surgery. Yet the use of minimum aids certainly need not mean monotony and dullness, for some of the most stimulating speakers use only one aid, - themselves ; and a super abundance of complicated equipment can become a technical nightmare in the hands of the inexperienced, or the over-enthusiastic.

Somewhere between these extremes lies the optimum. But the optimum is inevitably different for each teacher's style of presentation, his subject, his place of teaching, and his financial resources for buying equipment. So who can decide what the optimum is ? Answer, - the teacher ; and there is no simple formula for aids to meet the needs of all teachers in all subjects and in all situations.

Nowadays visual aids are not only a desirable educational asset, they are also big business. Daily the range of available equipment increases and there are exaggerated claims that each new item will do more than the one that went before, and do it better. Concurrent with the increase in equipment is an increase in the army of technical representatives who will willingly demonstrate the equipment, and if possible, induce you to buy it. Also mushrooming is the number of persons who, though possibly not engaged in practical teaching themselves, are rather like business advisors or consultants. They offer advice on how you can make better use of your present equipment, how you can do a better job if you introduce new equipment, how you could alter your whole teaching technique (and personality!) to fit in with new advances in equipment design and performance, and how, quite honestly, the equipment can probably do a better job than you can in any case. The representatives and advisors do, of course, have a valuable part to play in acquainting the teacher with new developments, new ideas and the experiences of others, but sometimes the teacher may be left wondering whether all that is really needed for his job is a battery of advanced programmed learning machines, with a technician to maintain them, and a set of prepared programmes which he can buy.

Teachers, fortunately, are like limpets. They are not easily detached from their subjects, and certainly not by equipment, no matter how ingenious it is ; but it is also necessary to guard against the teacher himself becoming so absorbed in the use of equipment that he becomes a sort of techno-teacher who loses sight of what he is supposed to be teaching, or who presents such a display of equipment that the pupils or students become so interested in the equipment that they forget what is being taught. It is surprising, however, that even a small amount of equipment can interfere with the smooth progress of a lesson. Many teachers who use comparatively simple equipment fail to become sufficiently familiar with its operation, and, more important, with its failure to operate. The bad positioning of screens, wrongly orientated slides, incorrect numbering, dirty lenses, poor focus, damaged film, faulty sound, blown bulbs and faulty switches frequently spoil what might otherwise have been an excellent presentation. The teacher who takes some pride in his teaching and who cares about his student will realise the potential dangers in the incorrect use of aids, and if the dangers are realised they can be minimised, and the aids made to be what they are meant to be, - aids.

Whatever the teacher may read about visual aids, whatever equipment is demonstrated, whatever advice he is given, he is the one who must gather and sift the information, decide upon its relevance and value, and finally use his personal judgement to choose and use what he considers will suit his purpose best. Too many teachers take a great deal of trouble in preparing their lesson material, but pay little attention to the operation of the aids they intend to use.

Every teacher is a professional and if he is to use his aids in a professional manner he must study them. He must :-

1. analyse his subject material to decide how and where aids may improve his presentation ;
2. familiarise himself with the range of aids available, within the limits of his financial resources, and understand what purposes they serve ;
3. select those most likely to be most suitable and integrate them with his teaching material ;
4. familiarise himself with their use in relation to the background of the subject as it is going to be presented.

The teacher who wishes to make a good job of using his aids to their best advantage will discipline himself to spend time and trouble in studying their use. Without a doubt many teachers fail to derive maximum benefit from their aids because they do not realise, or do not believe that their use requires study.

If complicated equipment is going to be used, such as a television setup, or even some types of cine projectors, the teacher will expect to have some technical assistance for preparing the equipment and operating it. The screen presentation of a microscopic subject being demonstrated on the bench, the showing of manichery in a workshop to students in a lecture theatre, the relaying of a video tape on technique from a relay centre to a classroom or laboratory are all operations requiring both knowledge and skill and obviously they require a well trained technical staff ; but although in these cases the teacher need not be familiar with the technicalities of the equipment or even the details of their operation, he should be fully conversant with their capabilities. It is only fair to those who have to operate such equipment on behalf of a teacher that he should be able to discuss knowledgeably with them what his requirements are... and he should do it well beforehand. Too often teachers request equipment to be ready at a certain time and expect it to be ready, but arrive to give their instructions at the very last minute. Where teamwork of this type is involved, the good leader will see that his staff are properly briefed. The difference between a poor teacher/technician liaison, and one in which the teacher knows exactly what he wants from the equipment and gives precise instructions to his technical staff in advance is all too obvious in practice. A technical staff with confidence in the teacher is worth a great deal, and apart from the commonsense aspect of good liaison, consideration for those assisting you is simple courtesy.

In institutions where the use of sophisticated equipment is important, particularly in the field of television, the basic rules of study in the use of visual aids still holds true, with the additional requirement that a close liaison between teacher and technical staff must be maintained.

It is probably true, however, that in the majority of institutions, or departments or classes, the visual aids available to the teacher will be limited to conventional equipment such as slide projectors, epidiascopes, cine projectors and, increasingly nowadays, overhead projectors. Even these simple items require study for their best use. A number of poorly made slides put through a projector at the end of a period, or a film shown simply to fill in time because the teacher didn't prepare enough material or forgot his notes, hardly adds up to the purposeful use of visual aids.

A simple but adequate setup which is suitable for most teaching purposes comprises a slide projector (preferably daylight illumination), a cine projector (8mm or 16mm) and an overhead projector. Together these items allow pictorial, moving, written and graphic presentation. All are easy to operate and should require only minimum assistance for preparation, and none for operation. With a little preliminary trial and error the three pieces of equipment can be conveniently sited in most classrooms or lecture theatres so that they do not clutter up the bench, and yet allow of easy operation. They are among the commonest visual aids in use today, but as even they require a professional approach to their use it is worth while considering some points concerning them.

The most widely used visual aid today (apart from blackboard and charts etc.) is undoubtedly the slide projector. It is a simple operation to slip the slides through either by hand change or by magasine, and even the use of a remote control for slide change and focus requires little practice (as long as it functions), so the use of slides should be quite straightforward. Many teachers, however, seldom consider that for correct use each slide should be fitted into the lesson in place and pattern like the pieces of a jigsaw puzzle. There is far more to the use of slides than just' pushing them through'.

For maximum impact and effectiveness of slides consideration must be given to their content, preparation for use, and presentation. Too many slides have far too much data or excessive script, while others have complex and confusing diagrams or graphs. The mind just does not take in a mass of data flashed on a screen for fifteen seconds. A few lines of script, well presented and with important points highlighted in some way, or simple Tables and Graphs with clear and minimum labels are much more effective. Never include substandard slides with cramped or variable typescript, spidery handwriting, or with erased errors, and if you have to apologise for a slide because it is dirty, badly framed or out of focus, then leave it out.

Slides which are professionally prepared will always last longer and in better condition than those transparencies mounted in card or metal mounts. They will be mounted between glass covers, carefully edge bound with a white top edge label, and will be correctly thumb-spotted for projection. Spend some time beforehand in preparing slides for use to ensure that all are in correct order and properly orientated for placement in the projector. This seems so obvious, yet so often do we have teachers apologising because 'that one seems to have got out of turn', or see them desperately squinting to the light through a slide to see which way up the thing is supposed to be. These deficiencies immediately indicate to the class that the material has not been carefully prepared, and the not uncommon derisory exclamations which may follow are well deserved. You will never get the first slide to flow smoothly into the lesson either if you don't position the projector relative to the screen and bring up the first slide into focus before you start.

There can be no definite rules on how many slides should be used in any particular length of lesson, but, unless a pictorial sequence is being shown, a small number of slides, possibly a dozen to a dozen and a half, integrated carefully into the lesson as a continuing part of it, will be far more effective than large numbers hurried through. One case that comes to mind was that of a projectionist being asked to put through seventy-two slides in the last fifteen minutes of a fifty minute lecture. Too many slides can be like too much talk, and the rhythm of the lesson may be lost, or the whole class pass into a mental diapause. There are other bad habits such as talking to the screen, allowing the pointer to wander, leaving the picture on far beyond the topic being discussed, and slipping in gimmick type slides for a feeble laugh. None of these enhance the teacher's reputation.

Cine film can be extremely valuable for showing sequences of events, processes or movements etc. which are difficult to visualise if described verbally, or even if shown on slides, and the use of cine should be carefully considered by all teachers. There are three quite distinct types of film used in education...a) the single concept film, b) the short instructional, and c) the general purpose 'support' film, and the use and purpose of all three are quite different.

The single concept film, which is usually a short silent film of a few minutes duration, can be introduced at any point in a lesson to explain a sequence of events, or a process or series of actions, with the teacher giving the commentary as a continuous part of the lesson. Front screen or back screen projection are both suitable, depending on class size, and cassette loaded single concept films are becoming readily available for many subjects, though these are mainly at schools level so far, and almost exclusively on 8 mm. Slides and single concept films can be worked very well together into most types of lessons.

The short instruction film is intended to explain, clarify, demonstrate or augment a topic being currently dealt with, and the film may include more than a single concept or topic. For such films about ten minutes duration is long enough, as the contents are meant to be learnt. Longer films may lose impact, or interfere with the continuity of the lesson as a whole, particularly if the commentator in a sound film is not the teacher himself. Films of up to twenty minutes, if intended to be used as instructionals, should be screened at the end of a period, although there are certainly occasions when such films can conveniently open discussion on a particular topic.

General interest support films are documentary type films which may sum up a subject or a part of a course, or may be introduced to widen interest in the subject. Many of this type of film last for well over half an hour and it is always advisable to screen then at the end of a lesson, or to set aside a special time outwith the normal lesson periods.

Serious use of film will require study of the sources of suitable material. There are many hundreds of film libraries, - Government sponsored, private hire etc. - with a vast and ever increasing range and number of films. The number of films available is so large that it is definitely advisable to prepare a Film Index of suitable titles, with notes on contents, hire charges etc. and no new film should ever be shown to a class without the teacher having previewed it. This may also seem only too obvious, yet it frequently happens that a film is screened on the strengh of its written synopsis, or even just its name, with disastrous results. A film on Cabbage White Butterfly designed for primary school does not go down well with a degree class in biology, and the working of the electron microscope is rather above the head of a kindergarten. Yet it happens. A lecturer has been known almost to slide slowly under the bench with embarrassment as a kiddies natural history film unfolded before the amused gaze of his second year degree class.

The overhead projector has arrived on the educational scene more recently than the slide and cine projector and it has gained popularity at a remarkable speed. Essentially it is a simple light box with a fresnel lens directing light upwards and through a prism lens onto a screen behind the teacher. It is a most versatile piece of equipment and has certain advantages over the blackboard in that it is used with the teacher facing the class, gives a coloured image on a white screen which is easier seen than a white line on a black board, and, of course, is dustless. Teaching material such as drawings, diagrams and script can be prepared beforehand on acetate rolls (up to 60 ft. long) or on acetate sheets which are simply placed on the box platform (which is the fresnel lens with a glass plate over it), for projection. Complex drawings can be built up on the projector using a series of successive overlays of acetate sheets. Transparencies can be prepared by a variety of photographic or transfer diffusion processes, and even simple moving diagrams or demonstrations can be adapted to this type of projector. It should be added, however, that prolonged use of the projector can lead to eye strain for the lecturer, and for students whose eyes may be tired from earlier study, continual gazing at the bright image can result in light colours tending to disappear on the screen.

The overhead projector integrates well with slides and cine film in pretty well any teaching situation :-

Slides ... may show a machine, or equipment in total

O/P ..... shows, by overlays, how the machine or equipment is constructed or built up, and the relationship of parts

Film..... shows the machine working or the equipment in use

Teachers are not meant to be technicians, but as the use of visual and other aids is so much on the increase there may be something to be said for teachers having some training in the use of a fairly wide range of aids. At schools level, of course, most teachers receive some general training in teaching aids, but probably the majority who teach at higher levels in technical colleges and Universities do not. Some of these institutions endeavour to meet the need by the introduction of short courses in teaching methods, including the use of visual aids, but if attendance at such courses is voluntary, as it invariably is, or limited to new staff or particular faculties or departments, then the numbers benefiting will remain small. However, once a teacher develops a serious interest in visual aids he will undoubtedly experiment to improve the effectiveness of their use, and as long as he retains a correct perspective, his students will benefit. A great deal is heard today, particularly in higher education, about poor standards of teaching. To what extent this is true is a matter for debate, but whether it be true or not, in that aspect of teaching dealing with the use of visual aids at least, the onus is definitely on the teacher, - and he can go a long way towards ensuring that under him the processes of teaching and learning are interesting, stimulating and rewarding.

Perspectives sur l'utilisation d'auxiliaires visuels

W.J. Guild

(Résumé)

Cet article concerne l'importance prise actuellement par les auxiliaires visuels à tous les niveaux de l'enseignement. On y envisage les difficultés rencontrées quant à l'emploi dans les conditions optimales de tels auxiliaires, ainsi que l'importance de l'enseignant qui doit au préalable examiner soigneusement l'usage et l'utilité de ces aides avant de décider de leur meilleure utilisation possible.

L'auteur insiste en particulier sur la nécessité de l'existence d'une assistance technique bien formée lorsque l'on utilise des auxiliaires un tant soit peu complexes comme par exemple la télévision. Il est également nécessaire que l'enseignant soit capable de comprendre un tel équipement et puisse travailler en liaison étroite avec le personnel technique. Les auxiliaires visuels les plus simples et les plus connus en particulier le matériel de projection (diapositives , films...) sont tour à tour examinés, ainsi que les erreurs que l'on rencontre si fréquemment lorsque l'on utilise de telles méthodes.

Perspectivas sobre la utilización de auxiliares visuales

W.J. Guild

(Resumen)

Se refiere este artículo a la importancia que tienen hoy en todos los niveles de la enseñan los auxiliares visuales. Examinan en este articulo las dificultades encontradas en lo referente a la utilización de tales auxiliares en las condiciones óptimas así como la importancia del profesor que, previamente, ha de examinar cuidadosamente el empleo y la utilidad de dichos auxiliares antes de que decida de su mejor utilización posible.

El autor insiste especialmente en lo necesario de una asistencia técnica bien formada cuando se emplea auxiliares un poquito complejos como, por ejemplo, la televisión. También es menester que el profesor pueda comprender tal equipo y trabajar en relación estrecha con el personal técnico. Los auxiliares visuales los mas simples y conocidos, especialmente el material para proyecciones (diapositivas, películas ...) resultan examinados por turno así como los errores que tan frecuentemente se encuentran cuando se utiliza dichos métodos.

Extrait de *Rayonnement*. Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive), nº 1, 1968, p. 29-34

L'USAGE DES AUXILIAIRES AUDIO-VISUELS AU COURS DE SCIENCES NATURELLES

A. Binder

L'usage des auxiliaires audio-visuels tend à se répandre de plus en plus. Accueillis d'abord comme la panacée universelle, ils ont provoqué un engouement qui a peut-être aveuglé certains. Il me semble donc utile d'examiner comment intégrer l'utilisation de l'image fixe (diapositives ou photographies) et l'image mobile (le film) dans la pédagogie des sciences naturelles.

A - L'UTILISATION DE LA DIAPOSITIVE (OU IMAGE FIXE)

1°)- L'usage le plus fréquent se présente lorsqu'on doit montrer quelque chose qui ne peut être vu par les élèves : un paysage éloigné, un animal rare, un détail de plante ou d'animal qui ne peut être observé avec les moyens dont dispose un CEG.

Dans ce cas, on se sert de l'image fixe comme si on examinait l'objet lui-même : on procède éventuellement à une observation libre, ensuite à une observation dirigée, etc... Nous ne développerons donc pas ce point dans cet article.

2°)- La photo, l'image ou la diapositive est utilisée également quand on désire attirer l'attention sur un détail, une structure, un animal dont on dispose en quantité suffisante, mais dont l'observation est difficile.

L'idéal est de commencer par faire observer l'objet lui-même, ensuite de présenter le document (diapositive ou photo), puis de demander de regarder l'objet à nouveau.

Cette utilisation simultanée de l'objet et de l'image présente plusieurs avantages : elle permet de travailler avec une classe nombreuse dans laquelle il est impossible de s'assurer en passant entre les bancs si les élèves ont bien vu ce qu'il fallait voir ; elle permet aussi d'apprendre à observer car l'enfant, d'abord laissé à lui-même, fait un travail plus ou moins imparfait. L'observation de la diapositive, sous la direction du professeur, lui permet de se corriger, et la nouvelle observation de l'objet lui permet d'appliquer la méthode qu'il a apprise.

Exemple :

Supposons que vous faites disséquer un mammifère par vos élèves. Avec une classe nombreuse, ceux-ci doivent travailler progressivement, tous ensemble et n'opérer que lorsque vous leur en donnez l'ordre. Une des phases délicates de la dissection consiste, lorsqu'on déroule le tube digestif, d'éviter que les élèves ne coupent le canal cholédoque. Il faut donc le repérer avant toute intervention. Vous leur demandez donc : "le foie est-il en communication avec le duodénum ? "Certains vous répondront affirmativement : ils ont repéré le canal cholédoque et sauf maladresse, ils ne le sectionneront pas. Mais les autres ?

Si vous passez à ce moment une diapositive représentant les organes en place et sur laquelle on voit le canal cholédoque, vous vous assurez d'une part que les élèves qui prétendent l'avoir repéré l'ont effectivement vu et d'autre part, vous pouvez le montrer aux autres qui pourront dès lors le retrouver sur leur dissection. S'il reste deux ou trois élèves qui ne l'ont pas trouvé, ils pourront vous appeler sans que vous soyez débordé.

3°)- La photo peut aussi être utilisée après l'observation du matériel. Elle sera par exemple très utile pour rappeler, lorsqu'on commence l'étude de l'appareil digestif la dissection du mammifère faite deux mois plus tôt.

On s'en sert également lorsqu'on veut comparer deux états d'un même objet ne pouvant être observés simultanément : par exemple il est très utile de pouvoir projeter, lorsqu'on étudie un fruit, une diapositive de la fleur, surtout si elle a été étudiée quelques semaines plus tôt.

Enfin beaucoup de leçons de synthèse gagnent à être illustrées de projections qui rappellent ce qui a été observé précédemment.

Beaucoup de producteurs de diapositives hésitent cependant à reproduire des objets qui peuvent être observés directement. En effet, ils craignent que les professeurs ne se laissent aller à une solution de facilité et ne se donnent plus la peine de rassembler du matériel. Cette éventualité n'est certes pas à écarter ; s'il devait se révéler que la majorité des professeurs agissent ainsi, je serais d'avis de supprimer les reproductions de ce qu'on peut se procurer aisément ; mais je crois qu'on peut faire confiance à la conscience professionnelle des enseignants.

Jusqu'à quel point l'observation du matériel doit-elle précéder celle de la diapositive ?

Ici, pas de règle immuable : par exemple, si on ne dispose que d'un microscope ou si on montre une dissection d'un petit animal à 40 élèves, l'observation se fera d'abord sur diapositive. Par contre, avec 20 élèves, si on dispose d'assez de temps, on peut essayer de faire passer l'observation du matériel avant celle de l'image. Mais alors, direz-vous, comment savoir ? La réponse est simple et se résume en un mot : "EFFICACITE". Il faut que l'observation soit efficace. L'image est là pour remplacer l'objet, chaque fois que les conditions d'observation de celui-ci risquent de la rendre inefficace. Ainsi, l'image est vraiment AUXILIAIRE d'enseignement.

Maintenant que nous avons lâché le mot, toute la pédagogie de l'image devient très simple à définir. Par exemple : faut-il faire des diapositives représentant des schémas ? Réponse : oui, sauf s'il est plus intéressant, plus efficace de construire le schéma au T.N. avec les élèves. Ainsi en 3ème, si vous disséquez un cœur en classe, vous avez intérêt à construire le schéma à partir de l'observation. La diapositive (ou le tableau mural) qui représente un schéma achevé, donc complexe, est à proscrire car il est préférable que les élèves, en participant à la réalisation du croquis, comprennent la signification des symboles au fur et à mesure que le schéma du cœur apparaît au tableau noir.

Terminons cette première partie en signalant une utilisation de la diapositive qui est en général peu connue et pourtant très intéressante : l'enfant ne fait pas toujours la relation entre la réalité et le croquis. Or, en projetant la diapositive sur une grande feuille de papier cartonné blanc, on peut montrer aux élèves comment en traçant les traits principaux, on peut représenter l'essentiel et comment le dessin qu'ils auront dans leur cahier est tiré de la réalité.

B - LE FILM (OU IMAGE MOBILE)

Je sais bien qu'ici le cercle de personnes concernées rétrécit : si les projections de diapositives peuvent se faire avec un projecteur à pétrole, si la diapositive peut être remplacée par la photo ou un jeu de photos, pour le film, il faut une source de courant électrique : c'est hélas loin d'être la règle dans les CEG.

L'image mobile et l'image fixe (diapositive ou photo) ne peuvent se remplacer l'une l'autre ; quand utilise-t-on un film ?

Tout d'abord lorsque l'observation porte sur un mouvement : le vol de l'oiseau, la nage du poisson, la marche d'un quadrupède, la préhension de la nourriture par une vache, etc... Le film permet d'observer les événements qui ne peuvent être vus par les élèves dans la nature. Il permet d'agrandir ce qui est trop petit pour être convenablement observé, de ralentir ce qui est trop rapide et d'accélérer un mouvement trop lent : à l'extrême cette accélération peut même faire découvrir un mouvement trop lent pour être soupçonné. Beaucoup d'entre vous ont pu, je suppose, voir des films dans lesquels le mouvement d'une plante est mis en évidence lorsque le temps qui sépare deux prises de vue est de l'ordre de la minute au lieu d'être du 1/16 de seconde.

En principe, le film sert dans tous ces cas de document d'observation et on cherchera à appliquer la méthode qu'on emploie pour tout objet vivant. Nous verrons cependant tout à l'heure que suivant la longueur du film, la facilité avec laquelle on peut l'interrompre, le local où se fait la projection, il y aura lieu de modifier la manière de procéder.

Une forme très particulière de l'étude du mouvement consiste à utiliser le dessin animé dans un but didactique. Ainsi lorsqu'on veut faire comprendre les étapes des contractions cardiaques, on rencontre des difficultés à expliquer sur un schéma le synchronisme compliqué du muscle cardiaque et le mécanisme de la propulsion sanguine. Il existe un film sur lequel le schéma du cœur est animé ; on y voit fonctionner d'abord chaque moitié du cœur séparément et ensuite les deux moitiés simultanément ; ce film est très utile, il facilite énormément les explications.

Si la dimension principale d'un film est donc le mouvement, il y a pourtant d'autres raisons très intéressantes d'utiliser l'image mobile à la place d'une image fixe. Le déchiffrage d'une réalité complexe en est un exemple.

Peut-être avez-vous eu l'occasion d'observer une photo de de cellule vue au microscope électronique : il est difficile de s'y retrouver quand on n'a pas l'habitude. Grâce au film, on peut faire apparaître un contour simplifié, schématisé des structures étudiées, le noyau, les mitochondries, le reticulum endoplasmique, les ribosomes, l'appareil de Golgi, etc... Ensuite la photo s'efface par fondu enchainé et le schéma subsiste seul.

Ce procédé a l'avantage de permettre de relier mieux la réalité au schéma que l'élève devra mémoriser. En effet, les élèves s'imaginent souvent que le schéma qu'ils ont appris est l'exacte reproduction de l'objet représenté. D'autre part, il permet aussi de mieux guider les élèves dans l'observation d'une réalité complexe: donc de leur apprendre à observer.

Un grand reproche que certains adressent aux films d'enseignement, c'est qu'ils laissent l'enfant passif : celui-ci, assis sur son banc, suit des yeux l'action qui se déroule sur l'écran sans que son esprit ne serve à autre chose qu'à comprendre ce qu'il voit.

A vrai dire, ce reproche s'adresse au professeur qui utilise le film et non au film lui-même car c'est la méthode utilisée qui conditionne l'attitude des élèves. Si, avant le film (que le maître doit avoir visionné au préalable) le professeur prévient les élèves qu'ils devront répondre à des questions portant sur tel ou tel sujet, l' enfant sera beaucoup plus actif pendant la projection.

Suivant le sujet du film, les conditions locales de projection et le temps dont on dispose, la méthode à appliquer varie. Voici quelques possibilités :

1. Projeter le film en prévenant sans plus qu'on interroge ensuite ; l'élève fait donc une observation libre. Après la projection, par des questions précises, faire énoncer les points importants à observer en les notant au tableau noir. Recommencer la projection en demandant d'observer encore mieux. Demander un résumé individuel ou faire une interrogation écrite après la 2ème projection. Cette méthode exige :

- beaucoup de temps,
- le projecteur dans la classe et une occultation facile,
- un film relativement court.

Elle ne se justifie que si le sujet est très important.

Variante :

Couper le son pendant la 1ère projection et montrer les choses intéressantes à voir avec une baguette ou une flèche lumineuse.

De nombreux films sont malheureusement lourds à manipuler car ils n'ont pas été réalisés exclusivement pour la classe. Même lorsqu'ils le prévoient comme auxiliaire scolaire, beaucoup d'auteurs se croient obligés de réaliser un film complet. Cela signifie souvent que le film, au lieu de montrer quelque chose se croit obligé de dire beaucoup : l'image n'est pas la raison du film, mais le prétexte du texte.

C'est pourquoi, je suis séduit par une forme nouvelle de cinéma scolaire qui présente beaucoup d'avantages. Il s'agit d'un petit projecteur de 8 mm dans lequel il suffit pour le charger d'introduire une cassette contenant le film prêt à l'usage. On tourne ensuite un bouton et le film se déroule. Il dure de 3 à 7 minutes (il ne peut être plus long). Lorsqu'il est terminé, si on ne tourne pas l'interrupteur, il recommence, car il forme une boucle sans fin. On peut l'interrompre à n'importe quel moment, et la projection n'exige pas l'obscurité. Il est donc d'une facilité de maniement extrême et, "sa souplesse pédagogique" est très grande. Comme la projection peut être interrompue, on peut faire un commentaire au moment opportun. Certains projecteurs permettent même l'arrêt sur image. Le film devient ainsi un document exploitable comme tout autre document.

Bien sûr, un projecteur 8 mm ordinaire permet le même usage : il présente même l'avantage d'éviter une usure des films qui, avec les films à boucle dont je parlais, est, paraît-il, assez rapide. Mais d'abord, la facilité de manœuvrer est moins grande ; ensuite les films 8 mm utiles pour l'enseignement sont en petit nombre en dehors des films à boucle.

Il reste un problème, toujours le même : c'est le prix de cet appareil : il coûte environ 40 000 à 50 000 FMG et chaque film coûte entre 1 500 et 3 500 FMG. Peut-être un organisme de coopération financera-t-il un jour l'équipement de votre établissement et vous fournira-t-il cet appareil ? Au moins ce jour-là, vous saurez vous en servir ...

How to use audio-visual aids in natural history teaching

A. Binder
(Summary)

The article analyzes the use of slides or photographs and motion pictures in natural history teaching.

A. Slides are most often used to show things the pupils cannot see for themselves (distant landscapes, rare animals or details which cannot be observed without special equipment). When slides are used to supplement direct observation of an object, they bring out details or structures to the pupils(for instance : the connection of the choledoch duct to the liver during a dissection) or help them to compare two stages which cannot be observed simultaneously (a flower and its fruit). They are also a help in revision.

The author discusses their use as efficient pedagogical aids.

B. Films are used to study movement which can be showed down or accelerated to facilitate observation. Motion pictures are a help in the analysis of complex synchronism(cardiac contractions). Motion diagrams can be inserted between real pictures (in the analysis of the structure of a cell).

The pupils must not remain passive, which can be avoided by commentaries and questions at the end of the projections and during the projections. Loop-films are strongly recommended.

El uso de los auxiliares audiovisuales durante la clase de Ciencias naturales

A. Binder
(Resumen)

El artículo analiza el uso de diapositivas, fotografías y películas en la pedagogía de la ciencias naturales.

A. Diapositivas sirven con más frecuencia para mostrar al alumno lo que no puede ver : paisajes leganos, animales raros, detalles que no es posible observar sin equipos especiales. Diapositivas utilizadas para completar la observacion directa de un objeto hacen resaltar detalles y estructuras (Ej : conexión del canal colédoco y el hígado durante una disección), y permite comparar dos estados que no es posible observar al mísmo tiempo (flor y fruta). Favorece las lecciones de revisíon.

El autor comenta su uso como siendo eficaz y realmente de utilidad en la enseñanza.

B. Se emplea las películas en la observación de los movimientos, ya que la velocidad de proyección, para facilitar la observación, puede acelerarse o disminuirse. Los dibujos animados facilitan el analisis de un sincronismo complicado (contracción cardíaca). Se puede intercalar esquemas móviles entre las imágines reales (análisis de la estructura de la célula).

Con comentarios y preguntas al final o durante una proyección se puede evitar la pasividad del alumnado. El artículo aconseja especialmente que se utilize los "filmloops" (peliculas sin fin).

Reprinted from *Journal of biological education*, vol. 4, no. 1, 1970, p. 43-52

Experiments on Enzyme Induction in *Chlorella pyrenoidosa*

K. H. GOULDING
Hatfield Polytechnic

AND

M. J. MERRETT
University of Bradford

1. Introduction

The phenomenon of enzymic adaption in micro-organisms has been recognized since the early years of this century. Once it was acknowledged that under different growth conditions the enzyme complement of microbial cells could change, this became an area of intense research. (For an historical review see Pollock, 1959 and for a more recent treatment see Richmond, 1968.)

The experiments reported in this article use an alga, *Chlorella pyrenoidosa*, as the experimental organism in a study of the induction of isocitrate lyase in response to the presence of sodium acetate in the growth medium. The induction of this enzyme is examined in relation to environmental factors such as light and aeration conditions and presence of metabolic inhibitors. They represent a different approach to the usual experiments on enzyme induction which invariably use *Escherichia coli* as the test organism and usually examine the response of an enzyme (β-galactosidase) to a range of substrates. Furthermore these experiments can be successfully done with a minimum of equipment and they can be adapted to make them suitable for students taking A-level or to tax the capabilities of advanced undergraduates or M.I.Biol. students.

2. Background

The glyoxylate cycle as outlined in Fig. 1 was first postulated by Kornberg & Krebs (1957). The cycle uses the enzymes isocitrate lyase (E.C. 4.1.3.1) and malate synthetase (E.C. 4.1.3.2) together with several enzymes shared with the citric acid cycle. The overall effect of the glyoxylate cycle is to by-pass the 2 oxidative decarboxylations of the citric acid cycle and therby to convert 2 molecules of acetate to succinate:

$$2\ CH_3COO^- + NAD^+ \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2COO^- \\ | \\ CH_2COO^- \end{array} + NADH + H^+.$$

Hence, the glyoxylate cycle leads to a net increase in the level of succinic acid at the expense of acetate and therefore to an increase in the levels of citric acid cycle intermediates which furnish the carbon skeletons required for biosynthesis and growth.

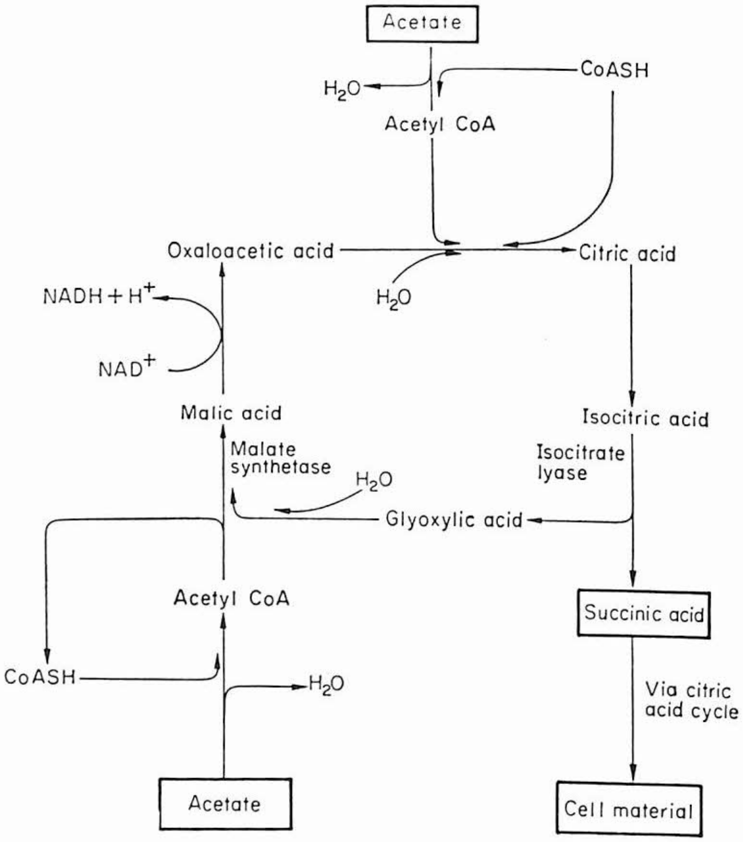


FIG. 1. The glyoxylate cycle.

Many workers have demonstrated the presence of glyoxylate cycle enzymes, which are generally inducible, in a range of organisms including, bacteria, fungi and higher plants. (See reviews by Kornberg & Elsden, 1961, Kornberg, 1966.) This pathway has also been shown to be involved in the growth of *C. pyrenoidosa* upon acetate in the dark (Syrett, Merrett & Bocks, 1963). These workers showed that the 2 enzymes peculiar to the glyoxylate cycle, isocitrate lyase and malate synthetase, are present only in basal amounts in autotrophically grown cells. A 24-h lag phase of growth when cells are transferred to an acetate containing medium in the dark is correlated with the induction of these 2 enzymes. These findings along with evidence obtained using ^{14}C-acetate (Syrett, Bocks & Merrett, 1964) suggest that heterotrophic growth of *C. pyrenoidosa* upon acetate is dependent upon the glyoxylate cycle. However, the following experiments demonstrate that the induction of isocitrate lyase by acetate is markedly dependent upon growth conditions.

3. Materials and Methods

A. *The organism*

The organism used in these experiments is *C. pyrenoidosa* Cambridge Culture Collection strain 211/8 p. (This organism can readily be obtained on stock slopes from the C.C.C., Botany School, Downing Street, Cambridge or from the authors at nominal cost.)

B. *Maintenance of the organism*

The organism is maintained on the medium given in Table 1 which is solidified with 1·5% Oxoid No. 3 agar. Aliquots of medium (15 ml) are dispensed into cotton-wool plugged boiling tubes and autoclaved at a pressure of 15 lb/in^2 (1·05 kg/cm^2) for 15 min. Before the medium solidifies the tubes are sloped to give a greater surface area. The slopes are inoculated by streaking and are maintained at room temperature either in front of a fluorescent light or on a suitable windowsill. The cells will remain viable in this condition for several months but routinely should be sub-cultured at least every 6 to 8 weeks.

TABLE 1

Growth medium for Chlorella pyrenoidosa

Component	g/l
Potassium dihydrogen orthophosphate	7·30
Dipotassium hydrogen orthophosphate	2·32
Magnesium sulphate (hydrated)	0·40
Ammonium nitrate	0·75
Trisodium citrate	0·40
Ferrous sulphate† (hydrated)	0·002

To 1 l of medium add 1 ml of Arnons A_4 trace element solution which is composed of the following in 250 ml water: boric acid 2·8640 g, manganese chloride (hydrated) 1·8100 g, zinc sulphate (hydrated) 0·2220 g, and copper sulphate (hydrated) 0·0080 g.

† The ferrous sulphate should be dissolved in water and added to the other components when the volume has already been made to almost 1 l. All reagents were laboratory grade.

C. *Growth of cultures for experimental use*

The medium used for growing cells autotrophically is given in Table 1. Inocula are best taken from the agar slopes into 20 ml of sterile medium contained in a cotton-wool stoppered 50-ml conical flask. The flask is left to stand in the light for 24 h. Aliquots of this culture are then taken into 150 ml of sterile medium contained either in a Drechsel bottle or in a 250-ml conical flask fitted with a cotton-wool bung through which is fitted glass tubing for aeration purposes. A reproducible inoculum is essential for comparative experiments. This can be achieved either by adding a known number of cells (e.g. 500 cells/mm^3), which involves doing a cell count using a haemocytometer, or by adjusting the optical density of the inoculum to the same each time and adding a constant volume of cell suspension to the culture medium. (An O.D. of 0·2 is suitable and in this case 5 ml of inoculum should be used.)

The cultures are grown either in an illuminated incubator or water bath at 25°C or, if these facilities are not available, it is adequate simply to illuminate the cultures at room temperature. A suitable light intensity is 6000 lux but this is not critical. (If no light meter is available, place two 100-w tungsten lamps approximately 20 cm on either side of the culture and use a fan to dissipate the heat generated.) The cells are aerated with a mixture of 2% carbon dioxide in air. Such gas mixtures are readily available from the British Oxygen Company or from Air Products, Ltd. The gas is filtered through a cotton-wool filter and passed through a wash bottle of sterile water in order to sterilize, warm and humidify it. The cells are grown until approaching the end of the log phase of growth. This point is determined by taking 2 ml samples at 24-h intervals and plotting O.D. against time. The time taken to reach this stage will vary considerably with inoculum size, light intensity and aeration. Thus, it will be necessary to run a pilot experiment to decide upon a suitable time for harvesting. Generally, however, sufficient cells would be produced within 4 to 7 days of inoculation for classes of 20 students.

Before using cells for experimental purposes it is necessary to starve them or to adapt them to acetate in the dark. The easiest method of starvation is to wrap the culture flask in aluminium foil and continue aeration for a further 24 h, thus producing dark starved non-adapted cells. For adaption to acetate, 24 h before harvesting the culture, add sufficient sterile sodium acetate solution adjusted with acid to pH 6·5, to bring the final concentration in the growth medium to 0·2%. The culture is then aerated in the dark as above, thus producing dark acetate-adapted cells.

D. *Variation of culture conditions*

The above details will suffice for a simple demonstration of enzyme induction. However, it is recommended that for more advanced students the effect of aeration and illumination be examined. A list of suitable conditions is given in Table 2. In all cases cells are grown photoautotrophically until 24 h before harvesting. During the last 24 h aeration and illumination conditions are varied.

TABLE 2

Conditions of incubation

Light regime	Carbon dioxide	Acetate
Light	+	–
Light	+	+
Light	–	–
Light	–	+
Dark	+	–
Dark	+	+
Dark	–	–
Dark	–	+

+ and – represent presence or absence of a given factor. The CO_2 concentration should be between 0·5 and 2% in air and acetate pH 6·5 should be added to give a final concentration of 0·2%.

N.B. When carbon-dioxide-free air is required this can readily be achieved by passing air through 10% KOH before it is bubbled through the culture.

E. *Harvesting the cultures and preparation for enzyme assay*

The cells are harvested by centrifugation at 500 g for 10 min. They are washed twice with 0·1 M phosphate buffer pH 7·5 and finally resuspended in 25 ml of buffer. *Chlorella* cells are notable for the difficulty usually experienced in smashing the cells to release the enzyme complement. However, the enzyme isocitrate lyase can by assayed in cells which have simply been subjected to freezing for a short period of time.

After harvesting the cells are placed immediately in a deep freeze set between –5 and –15°C and allowed to freeze. The cells are kept frozen for at least 1 h before the enzyme is assayed but preferably a period between 12 and 24 h should be used. The frozen cell suspension is then slowly thawed and the enzyme assayed immediately. If necessary the cells can be kept frozen for up to 72 h without appreciable loss of activity.

F. *Enzyme assay*

Isocitrate lyase activity is determined by the method of Kornberg & Madsen (1958). In this assay glyoxylate formed by the action of the enzyme on isocitric acid is converted to its coloured dinitrophenylhydrazone derivative by reaction with 2:4,dinitrophenylhydrazine. The incubation mixture contains 200 μmol.

phosphate buffer pH 7·5, 15 μmol. magnesium sulphate, 24 μmol. sodium isocitrate, 6 μmol. reduced glutathione and 0·5 ml enzyme preparation, in a total volume of 3·5 ml. This is incubated for 60 min at 30°C and a 1 ml sample is tansferred into a mixture of 0·4 ml 15% trichloracetic acid (to stop the enzyme reaction) and 0·8 ml 0·1% dinitrophenylhydrazine in 2 N hydrochloric acid. The mixture is shaken frequently over a period of 15 min and the red colour developed by adding 3·2 ml of 2·5 N sodium hydroxide. Precipitated protein is removed by centrifugation and the colour is read in a spectrophotometer at 445 nm or in a colorimeter using a green filter. (Suitable instruments are the Eel Spectra or the Eel colorimeter.) With all determinations blanks containing either no substrate or containing boiled enzyme preparation are included. The intensity of the colour can be used as a measure of the activity of isocitrate lyase, but it is preferable to relate it to a calibration curve prepared by reacting known amounts of glyoxylic acid between 0 and 4 μmol. in 1·0 ml as above with trichloracetic acid and dinitrophenylhydrazine.

G. *Expression of results*

Results are expressed as μmol. of glyoxylate formed/hour/mg dry weight of cells or/given number of cells, e.g. 10^6. This necessitates determining dry weight or the number of cells in the sample. In the former case this can be done by taking a 1 ml sample of cells prior to freezing and placing it into a weighed centrifuge tube. The tube is then centrifuged, the supernatant decanted and the cells dried to constant weight at 105°C. Should cell number be used as the criterion then this can best be done by diluting a 1-ml sample of cells prior to freezing the rest of the suspension to 100 ml with distilled water. Aliquots are then counted in a haemocytometer.

4. Results

A. *The enzyme assay*

Figure 2 presents typical results for the enzyme assay when samples were taken from the assay mixture at 10-min intervals. It shows that the formation of glyoxylate was linear up to 60 min and justifies the use of this period of incubation in subsequent experiments. It is necessary to establish this to make sure that equilibrium is not reached before the end of the reaction period as this would lead to erroneous results. The amount of isocitrate in the assay mixture has been chosen so that there should be at least a 10-fold excess.

B. *The induction of isocitrate lyase by acetate in the dark*

Table 3 shows the mean of class results obtained by more than 100 students using the whole cell assay method. The level of isocitrate lyase activity was

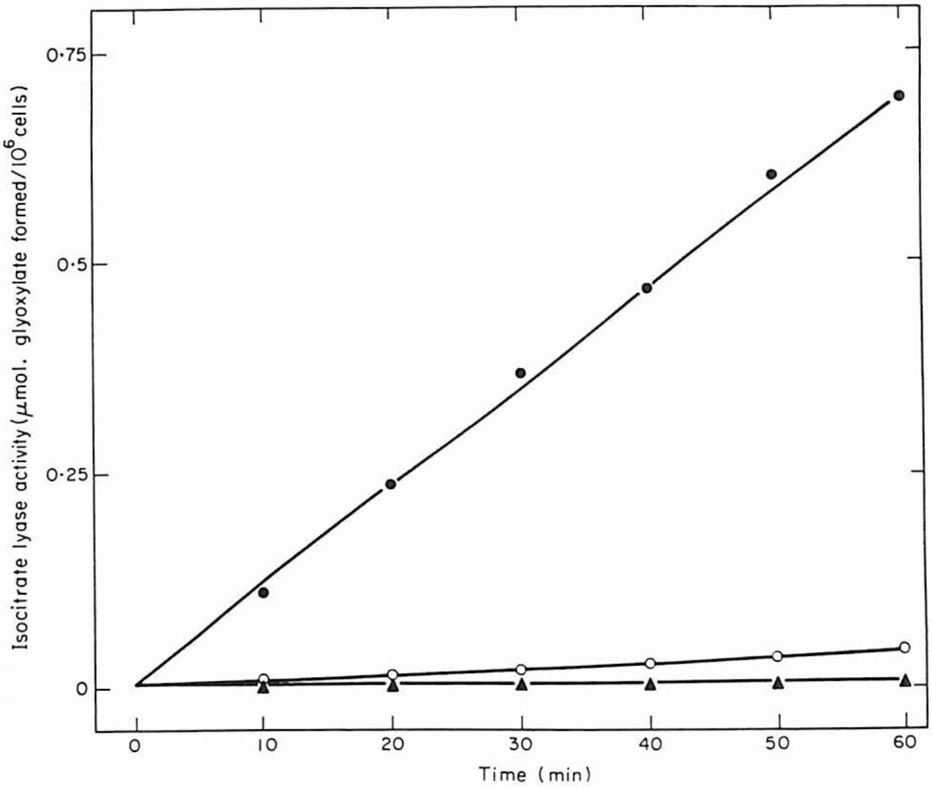


FIG. 2. The time course of glyoxylate formation during the essay of isocitrate lyase. Cells were dark adapted to acetate and frozen. The enzyme assay was as outlined in the text. ●, Complete reaction mixture; ▲, complete reaction mixture but boiled enzyme; ○, reaction mixture lacking isocitrate.

TABLE 3

The induction of isocitrate lyase by acetate in the dark

Type of cells	Isocitrate lyase activity, μmol. glyoxylate formed/h/10^6 cells
Dark adapted cells	0·68 ± 0·12
Dark non-adapted cells	0·04 ± 0·02

Cells were grown autotrophically until approaching the end of the log phase of growth. Sterile sodium acetate was added to a final concentration of 0·2% and the culture incubated in the dark to produce the adapted cells. Non-adapted cells were simply aerated in the dark for 24 h. The cultures were harvested after 24 h and isocitrate lyase activity assayed as in the text.

increased 15-fold over the 24-h induction period. The activity of the enzyme in non-induced cells was very low, a characteristic of inducible enzymes.

C. *The time course of induction*

Figure 3 shows the result of an experiment in which samples of cells were taken at various times over a 48-h induction period and the enzyme assayed

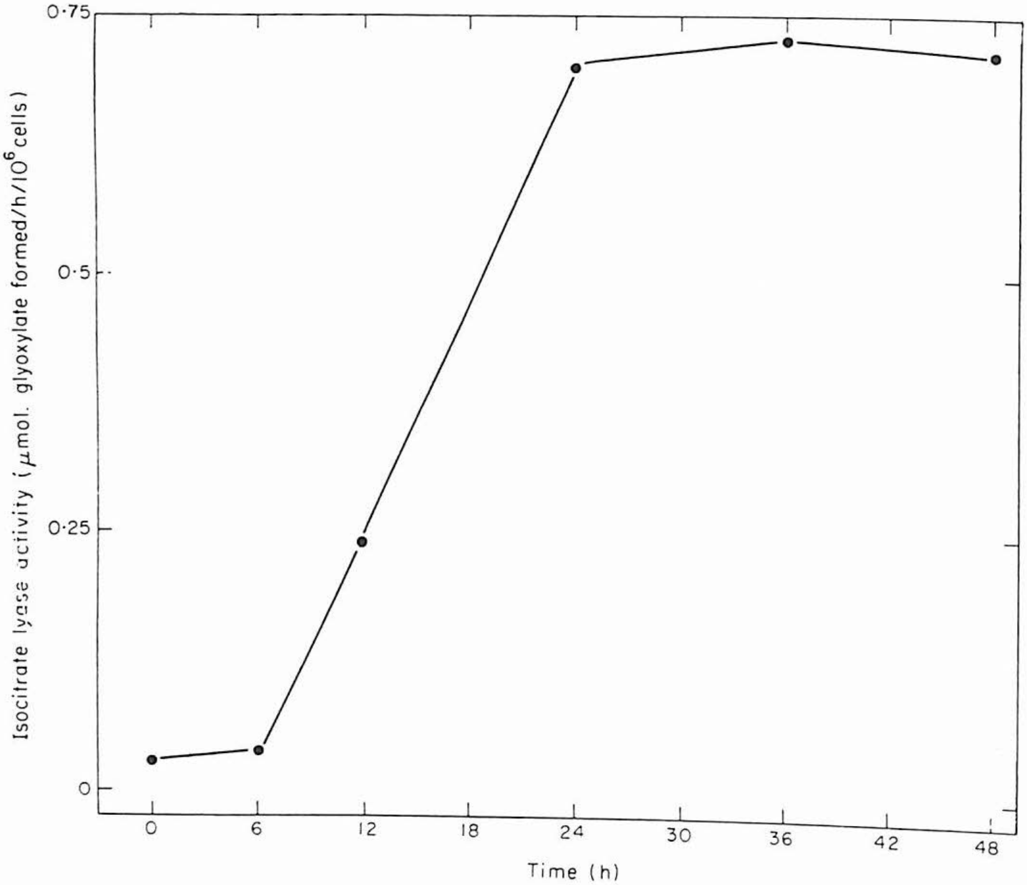


FIG. 3. The time course of the induction of isocitrate lyase by acetate in the dark. Cells were grown autotrophically for 4 days in a 500 ml culture and sterile sodium acetate pH 6·5 was then added to give a final concentrate of 0·2% (w/v) and the culture aerated in the dark. Samples (50 ml) were taken after 6, 12, 24, 36, and 48 h and assayed for isocitrate lyase activity.

(mean of at least 100 students). There was little detectable increase in enzyme activity for the first 6 h and induction was complete after 24 h. The results correlate well with a 24-h lag phase of growth.

D. *The effect of aeration and light conditions on the induction process*

The aeration and light conditions were as outlined in Table 2. The results are given in Table 4. It is immediately noticeable that the light régime and presence or absence of carbon dioxide have a marked effect on the induction of isocitrate lyase activity by acetate. In the absence of acetate there was no induction. The highest recorded activity was in the presence of acetate in the dark. Carbon dioxide in the dark had little effect which is not surprising since *Chlorella* is not capable of marked dark fixation of carbon dioxide. One very significant feature of the results was the finding that acetate does not cause induction of isocitrate lyase in the light in the presence of carbon dioxide. However, in the absence of carbon dioxide there was a marked induction of the enzyme. These results would

TABLE 4

The effect of light and carbon dioxide on the induction of isocitrate lyase

Incubation conditions	Isocitrate lyase activity, μmol. glyoxylate formed/h/10^6 cells
Light + CO_2 − acetate	$0{\cdot}02 \pm 0{\cdot}01$
Light + CO_2 + acetate	$0{\cdot}04 \pm 0{\cdot}01$
Light − CO_2 − acetate	$0{\cdot}06 \pm 0{\cdot}01$
Light − CO_2 + acetate	$0{\cdot}55 \pm 0{\cdot}06$
Dark + CO_2 − acetate	$0{\cdot}05 \pm 0{\cdot}01$
Dark + CO_2 + acetate	$0{\cdot}67 \pm 0{\cdot}09$
Dark − CO_2 − acetate	$0{\cdot}07 \pm 0{\cdot}03$
Dark − CO_2 + acetate	$0{\cdot}70 \pm 0{\cdot}11$

Cells were grown autotrophically for 4 days. Incubation conditions were then varied for 24 h as indicated. The cells were harvested and isocitrate lyase activity assayed as in the text.

seem to indicate that in the light carbon dioxide is the preferential carbon source rather than acetate. For further discussion of these results see Syrett, Merrett & Bocks (1963).

5. Discussion and Suggestions for Further Experiments

The experiments reported at their simplest can be used as a demonstration of enzyme induction which can be performed with a minimum of equipment. The analysis of the effect of light and aeration conditions on the induction process represents an unusual approach to this subject which is useful in degree courses. Innumerable variations are possible to demonstrate other aspects of enzyme induction and which involve a range of different techniques. Some variations are:

(1) Following the level of isocitrate lyase activity within the whole culture and plotting this in relation to cell number.

(2) Determining the effect of anaerobiosis upon the induction process in relation to the light and carbon dioxide régimes.

(3) The effect of inhibitors of protein synthesis such as chloramphenicol (0·1 to 1 mg/ml) upon the induction of the enzyme in the presence of acetate in the dark.

(4) The effect of inhibitors of photosynthesis such as dichlorophenyl dimethyl urea (DCMU) on the induction of the enzyme in the presence of acetate in the light both in the presence and absence of carbon dioxide (Goulding & Merrett, 1966; Syrett, 1966).

(5) The effect of other organic substrates, e.g. hexoses and fatty acids upon the induction of the enzyme in the dark in the presence of acetate

in the dark to determine whether acetate is or is not the preferential heterotrophic carbon source.

(6) Attempt to demonstrate that enzyme induction is correllated with the appearance of a new protein in the cell using protein purification techniques such as salting out, gel electropheresis, etc. (Syrett, 1966).

(7) Purify the enzyme as above and examine its kinetic properties including the effect of inhibitors. This may indicate what acts as the regulatory metabolite in the induction process (John & Syrett, 1968; Syrett & John, 1968).

(8) The use of radiotracers to follow the pathway of [^{14}C] acetate assimilation (Syrett, Merret & Bocks, 1964; Goulding & Merrett, 1967).

By using these variations enough material is available for these experiments to be built into a large class experiment or into an undergraduate project.

Thanks are due for technical assistance to Mrs Y. Farmer and for assistance in running the classes to numerous colleagues at The Hatfield Polytechnic.

References

Goulding, K. H. & Merrett, M. J. (1966). *J. exp. Bot.* **17**, 678.
Goulding, K. H. & Merrett, M. J. (1967). *J. exp. Bot.* **18**, 128.
John, P. C. L. & Syrett, P. J. (1968). *Biochem. J.* **110**, 481.
Kornberg, H. L. (1966). *Essays in Biochemistry* Vol. 2. London: Academic Press.
Kornberg, H. L., & Elsden S. R. (1961). *Adv. Enzymol.* **23**, 401.
Kornberg, H. L. & Madsen, N. B. (1958). *Biochem. J.* **68**, 549.
Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randal, R. J. (1951). *J. biol. Chem.* **193**, 265.
Pollock, M. R. (1959). *The Enzymes*, 2nd ed. Vol. 1. London: Academic Press.
Richmond, M. H. (1968). *Essays in Biochemistry*, Vol. 4. London: Academic Press.
Syrett, P. J. & John, P. C. L. (1968). *Biochim. biophys. Acta*, **151**, 295.
Syrett, P. J., Merrett, M. J. & Bocks, S. M. (1963). *J. exp. Bot.* **14**, 249.
Syrett, P. J., Bocks, S. M. & Merrett, M. J. (1964). *J. exp. Bot.* **15**, 35.
Syrett, P. J. (1966). *J. exp. Bot.* **17**, 641.

Expérience d'induction enzymatique chez "Chlorella pyrenoidosa"

K.H. Goulding et M.J. Merrett

(Résumé)

Lorsqu'il y a modification des conditions de croissance, le potentiel enzymatique d'une cellule se modifie.

Dans cet article l'auteur présente une expérience d'induction enzymatique facile à réaliser. Au lieu de s'adresser, comme dans la plupart des expériences précédemment décrites, à Escherichia coli, l'auteur s'adresse à une algue : Chlorella pyrenoidosa et provoque l'induction d'isocitrate lyase en réponse à la présence d'acétate de sodium dans le milieu de culture. L'induction de cette enzyme est étudiée en fonction de divers facteurs extérieurs tels que la lumière et l'aération et en présence d'inhibiteurs métaboliques.

Ces expériences (et d'autres suggérées) peuvent être facilement réalisées avec un minimum d'équipement et figurer aux programmes de travaux pratiques des étudiants de niveau A.

Experimentos de inducción enzimática en "Chlorella pyrenoidosa"

K.H. Goulding et M.J. Merrett

(Resumen)

Cuando se modifican las condiciones de crecimiento, el potencial enzimático de una célula se modifica.

En este artículo, el autor presenta un experimento de inducción enzimática fácil de realizar. En vez de dirigirse, como en la mayoría de los experimentos anteriormente descrisos , a Escherichia coli, el autor se dirige a un alga : Chlorella pyrenoidosa y provoca la inducción de "isocitrate lyase" como repuesta a la presencia de acetato de sodio en el medio de cultura. La inducción de esta enzima se estudia en función de diversos factores exteriores tales como la luz y la aeración en presencia de inhibitorios metabólicos.

Estas experiencias (y otras sugeridas) se realizan fácilmente con un equipo mínimo y pueden figurar en los programas de clases prácticas de los estudiantes de nivel A.

Extrait du *Bulletin de l'Association des professeurs de biologie et de géologie* (Paris), nº 1, 1967, p. 1-10

L'OPÉRATION SUR L'ANIMAL DANS L'ENSEIGNEMENT DU SECOND DEGRÉ

A. Causin

Président de la Régionale
29, rue d'Ulm, Paris 5ᵉ

Vivisection et dissection ont été au cours de l'année scolaire 1966-67 l'objet d'attaques violentes. Si nous condamnons sans appel des arguments basés sur des ragots et ayant pour but réel de discréditer l'enseignement public, notre attitude est différente vis-à-vis de critiques honnêtes émises souvent par des personnes mal informées.

L'enseignement de la biologie dans le second degré devient de plus en plus concret ; un effort constant de perfectionnement, faisant appel aux techniques modernes, vise et le choix des exercices proposés aux élèves et leur déroulement. Nous voulons un enseignement cadrant bien avec la vie actuelle ; mais ce désir nous fait sentir la nécessité de nous extérioriser, certains de nos problèmes ne pouvant être résolus en vase clos. Nous voyons donc dans ce texte relatif à la question "opération sur l'animal" l'amorce d'une large discussion avec tous ceux qu'elle préoccupe ; aussi avons-nous analysé les raisons qui aujourd'hui justifient la présentation de ce type d'exercice, les réserves qui peuvent être faites.

Dans cette perspective toutes les opinions émises nous seront utiles ; elles nous aideront, dans la prise en main de notre enseignement, à le rendre efficace. Nous tenons d'ailleurs à exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui ont eu le courage d'opposer publiquement la réalité à la calomnie ; ils ont ainsi créé l'atmosphère saine nécessaire à une discussion sérieuse.

Quelques précisions

A l'origine la vivisection consistait à immobiliser un animal, puis à tailler dans le vif ; les opérations sur l'homme étaient alors pratiquées de la même manière ; parfois dans des cas graves on faisait absorber au patient une dose importante d'alcool ; d'où un abrutissement atténuant la douleur et se rapprochant de l'anesthésie. La découverte des anesthésiques, la mise au point de leur utilisation ont petit à petit modifié la marche des vivisections ; en les rendant plus humaines elles en ont considérablement élargi le champ.

Le terme "vivisection" peut donc évoquer, suivant les interlocuteurs, leur degré d'information, des interventions d'allure très différente. Il n'est plus employé dans le cas de l'homme que pour désigner des actes de cruauté ; il est peu utilisé dans la littérature scientifique à propos de l'animal. Dans le cas de l'homme le terme couramment employé pour désigner une intervention chirurgicale sous anesthésie est "opération". Pour éviter toute équivoque et souligner notre volonté d'intervenir sur l'animal avec le même souci d'éviter toute souffrance nous emploierons aussi le terme "opération".

Deux types d'opérations sur l'animal sont en usage dans le second degré. Le premier, classique depuis de nombreuses années déjà, est pratiqué sur des animaux à température variable (grenouilles par exemple). L'animal est d'abord sacrifié par destruction des centres nerveux ; cette destruction est maintenant réalisée après anesthésie générale. La mort de l'animal ne signifie pas mort immédiate de tous ses organes ; le cœur continue à battre même isolé de l'organisme - les muscles ont encore des réactions si on les excite et des mouvements complexes mais automatiques peuvent être déclanchés - l'estomac, l'intestin demeurent fonctionnels à condition d'y introduire de la nourriture. L'expérimentation est donc possible en utilisant la survie assez longue de ces organes, mais l'absence des centres nerveux a supprimé toute sensibilité consciente, rendant la souffrance impossible.

Le deuxième type d'opération, d'introduction plus récente, utilise surtout des rongeurs : souris, rats, cobayes. L'opération est précédée d'une anesthésie générale et profonde. L'état de l'animal est celui d'une personne subissant une intervention chirurgicale ; il a perdu toute conscience et ne peut éprouver aucune souffrance. Si certains organes importants comme l'encéphale ont leur activité suspendue, d'autres ne sont pratiquement pas touchés par l'anesthésie (cœur par exemple) ; d'où la possibilité de certaines études.

Mais, qu'il s'agisse de grenouilles, de souris, de rats ou de cobayes, notre souci de travailler dans une atmosphère scientifique, par conséquent humaine, ne se borne pas à éviter toute souffrance à l'animal. Dès leur arrivée dans nos laboratoires et pendant tout leur séjour les sujets d'expérience doivent être traités correctement aux trois points de vue : installation dans les cages ou les aquariums, nourriture, propreté ; ils seront toujours manipulés avec ménagement et les expériences préparées avec le soin nécessaire pour éviter toute destruction inutile. Ces conditions sont indispensables à un travail scientifique vraiment correct.

Intérêt éducatif de l'opération sur l'animal

L'opération sur l'animal a ses titres de noblesse ; elle est le point de départ de pratiques ayant pour conséquences l'augmentation de la longévité de l'homme, son meilleur état de santé ; elle a permis aussi le perfectionnement de l'élevage des animaux qui lui sont utiles. La possibilité de mieux vivre physiquement a ses répercussions sur notre vie intellectuelle et sentimentale. L'opération sur l'animal est donc facteur de progrès ; très développée aujourd'hui, très perfectionnée aussi, elle est devenue indispensable à la vie de tous les hommes.

Si on désigne par enseignement moderne la mise en contact réelle des élèves avec les principaux types d'activités humaines, en plaçant au premier plan celles qui sont facteurs de progrès, l'opération sur l'animal a droit de cité dans cet enseignement ; présentée dans son contexte humain, elle a nécessairement une valeur éducative.

Tous les jours, des centaines de personnes subissent des interventions chirurgicales sous anesthésie. L'anesthésie est utilisée aussi dans les soins donnés aux animaux, rendant certaines pratiques plus humaines. Mais il y a plus : l'anesthésie permettant la réduction des souffrances a amené l'homme à se pencher vraiment sur cet état et une des conséquences de l'anesthésie a été l'affinement de notre sensibilité, non seulement vis-à-vis de nos semblables, mais aussi vis-à-vis des animaux. La présentation d'anesthésie correctement conduites sur l'animal, afin de montrer l'envergure de cette technique, a sa place dans un enseignement moderne, en particulier au titre de l'éducation morale ; nos élèves doivent prendre conscience des possibilités de ne plus faire souffrir.

La présentation d'un animal sous anesthésie fait entrevoir aussi la situation précaire où se trouve placé temporairement le sujet ; des soins particuliers lui sont nécessaires. Certes nous sommes loin d'une intervention chirurgicale chez l'homme, mais on peut évoquer le rôle de toutes les personnes qui entourent le chirurgien pendant et après l'opération : anesthésistes, assistants, infirmières ; on peut évoquer aussi la nécessité d'organisations, d'installations spéciales. Nous prenons trop facilement l'habitude, à notre époque, de considérer certaines choses comme simples, naturelles et d'en profiter d'une manière égoïste. Nous négligeons les convergences de compétences et d'efforts ; nous oublions les luttes menées et à poursuivre sur le plan social afin de permettre aux travaux scientifiques de jouer pleinement leur rôle dans l'amélioration de nos conditions de vie. Ces remarques donnent un aperçu de tout l'apport des opérations sur l'animal dans l'éducation humaine des élèves.

Si maintenant nous nous plaçons sous un angle plus technique, nous voyons dans l'opération sur l'animal une illustration très frappante de l'attitude du biologiste devant son matériel d'étude. Le vivant est un complexe de mécanismes réagissant les uns sur les autres et subissant l'action de nombreux facteurs externes. Il faut donc, pour connaître l'un de ces mécanismes, l'isoler sans compromettre son fonctionnement et le placer dans une situation aussi précise que possible. Lors d'une anesthésie pour étudier les battements du cœur par exemple, les élèves voient diverses réactions de l'animal s'estomper ou disparaître ; le cœur peut dans ces conditions être dégagé en toute tranquillité : aucun spasme, aucun soubressaut de l'animal ne viennent gêner ; des soins appropriés (respiration artificielle, chauffage léger, humectage par de l'eau physiologique etc.) maintiendront l'organe dans un état précis ; l'expérimentation est possible et a un sens.

Mais le fonctionnement du mécanisme isolé est forcément de courte durée ; pour pousser l'étude plus à fond on va introduire une technique classique en biologie, l'enregistrement, qui est aussi une méthode de mesure. C'est à l'occasion d'études "in vivo" que l'intérêt des diverses techniques d'enregistrement se dégage avec le plus de netteté ; des discussions sur la signification de mesures sur le vivant s'introduisent aussi tout naturellement.

L'expérience terminée, les enregistrements pris, le travail n'est pas achevé. Une analyse des observations faites et des graphiques va suivre pour placer dans l'intégrité de la vie des résultats obtenus grâce à une situation précise certes mais artificielle.

L'opération sur l'animal n'est pas une simple manipulation ; elle se place dans tout un contexte de données qu'elle oblige à mûrir ; elle est une association étroite de la réflexion et de l'action. Cette attitude du biologiste, qui a fait ses preuves, n'est pas la conséquence d'une inspiration ; elle est le fruit de siècles d'analyses critiques portant sur la façon de raisonner devant un concret complexe, subtil, mouvant, de dialoguer avec lui ; elle est effort sur soi-même. Sa présentation dépasse par sa valeur formatrice le cadre de la biologie.

Diverses qualités, nécessaires à tout homme dans la vie sont mises enfin en lumière à la faveur d'opérations sur l'animal ; citons en quelques-unes :

- savoir apprécier l'état d'un être vivant et être capable d'en déduire les soins à lui donner,
- prendre conscience de l'intérêt de l'habileté manuelle et de l'éducation des perceptions (ici vue et toucher) non seulement pour agir mais aussi pour penser,

- être soigneux et propre : des hémorragies compromettent la vie des organes et rendent l'observation difficile,
- savoir se maitriser; la durée d'une opération est courte et il y a beaucoup de choses à surveiller ou à ne pas oublier ; un incident peut tout compromettre, il faut rester calme,
- prendre conscience de sa place, même modeste, même de spectateur dans un travail collectif : cas d'une opération demandant pas mal de matériel et où des tâches seront distribuées,
- comprendre l'intérêt d'un outil et de son emploi ; éviter d'abimer, de déchirer les chairs sans raison ; apprendre à soigner l'outil, objet précieux.

Un petit nombre d'opérations sur l'animal sont suffisantes

Il en est de cet exercice comme de beaucoup d'autres ; pour utiliser au maximum leur valeur éducative il faut aller lentement ; leur préparation, leur déroulement demandent du temps. Dans le cas particulier de l'opération sur l'animal, d'autres facteurs vont encore freiner la marche de l'exercice. Nous agissons sur un organisme qui se rapproche de l'organisme humain, de l'organisme de nos élèves ; le cœur de cobaye que nous avons là vivant est très voisin de leur cœur. L'opération sur l'animal intrigue toujours les jeunes et nombreuses sont les questions auxquelles il faut répondre.

L'utilisation de l'animal dans le domaine scientifique pose aussi des problèmes ; des questions viendront à ce sujet. Nous n'avons pas le droit d'éluder ces problèmes avec nos élèves ; nous devons en discuter avec eux, et la présentation d'une souris, d'une grenouille sur laquelle nous travaillons est la façon la plus saine d'introduire la discussion.

Ce genre d'exercice enfin est celui qui amène le plus les élèves à livrer spontanément leur opinion sur l'animal. Combien de redressements méritent alors d'être faits ? redressements d'erreurs grossières, mais surtout de gestes, de comportements, de réflexions comme "on peut y aller, ce n'est jamais qu'une bête". On sonde à quel point le mépris de l'animal, reliquat de philosophies archaïques, est encore tenace ; on mesure la gravité du manque de contact des jeunes générations avec la vie animale.

Le temps dont nous disposons pour présenter une intervention sur l'animal sera toujours trop court et souvent nous serons obligés de limiter nos intentions. Notre rôle n'est ni d'initier nos élèves aux techniques de l'anesthésie, ni de les informer largement en physiologie. Leur en donner l'impression, quand nous n'en avons pas les moyens, risque d'introduire un faux savoir toujours dangereux. Notre rôle est d'employer les heures dont nous disposons à éduquer devant le concret et si nous utilisons notre spécialité dans cette optique nous ne fabriquons pas des spécialistes. Quelques opérations bien choisies et menées avec une grande largeur d'esprit sont donc amplement suffisantes.

A ces raisons de limiter nos interventions sur l'animal s'en ajoute une autre. Cette technique n'est pas la seule utilisée en biologie ; il y en a d'autres. Chaque technique a d'ailleurs sa valeur éducative propre ; en les utilisant tour à tour nous pourrons à la fois montrer largement l'intérêt de la biologie et utiliser au maximum sa valeur éducative. Et puis l'attention de nos élèves, qui sont encore très jeunes, s'émousse vite à la répétition du même type d'exercice.

Mais si notre rôle est en l'occurrence de montrer l'intérêt d'une technique à l'aide de quelques exemples, on peut se demander si des descriptions ou des présentations par le film ne suffiraient pas.

Ces deux modes de présentation ne sont pas à rejeter. Dans son information, surtout à l'heure actuelle, l'homme ne peut espérer tout voir et le langage verbal, le langage par le film sont de précieux moyens d'information ; ils sont même dans bien des cas économie de temps et d'effort.

Tout langage, même l'image, n'est pourtant qu'abstraction. Il prend sa vraie signification chez l'homme qui sait passer du concret à l'abstrait et inversement. Des débutants comme nos élèves n'en sont pas encore là ; ils ne profiteront de la description d'une opération ou de sa présentation par le film qu'après en avoir vu de réelles ; il leur faut devant le concret le dialogue avec un esprit formé, avec un éducateur.

D'un autre côté, une description, un film, si près du concret soient-ils, tendent toujours vers la présentation de l'opération type, une opération réelle s'écarte très sensiblement de l'opération type par ses particularités , ses imprévus auxquels il faut faire face. Or, qu'il s'agisse d'une opération sur l'animal ou de tout autre exercice de biologie, notre premier objectif est d'entraîner à une attitude efficace devant le concret. En présence du réel nous atteignons vraiment ce but proposé par le colloque de Caen et depuis longtemps le nôtre :"apprendre aux enfants à réfléchir et progresser sur des sujets non abordés - les former à l'approche de problèmes quel qu'en soit le support - développer l'aptitude à s'adapter à des situations non prévues et non mémorisées".

L'expérience décrite, les films pourront venir ensuite ; ils élargiront l'horizon des élèves. Mais là encore, nous verrons surtout un entraînement à utiliser correctement tout langage permettant l'information, en particulier le langage image.

Les réserves faites à la présentation d'opérations sur l'animal

Un inconvénient, souvent signalé, de ce genre de travail est le choc psychologique qui peut en résulter. Il y a, c'est exact, des élèves qui l'appréhendent ; leur nombre n'est pas très élevé, mais leur cas ne doit pas pour cela être traité à la légère. Il faut cependant noter que dans la vie ces élèves assisteront à des scènes bien plus émouvantes. Sans aller jusqu'aux accidents graves avec cadavres mutilés, spectacles trop fréquents sur nos routes, ils auront souvent à accorder leur concours aux soins de personnes, et même d'animaux, blessés ou malades. Se dérober devant ce devoir n'est pas une attitude acceptable. On peut donc se demander si dans le cas d'appréhensions sincères, et ajoutons respectables, le naturaliste ne doit pas intervenir pour apprendre aux jeunes à maîtriser leur sensibilité.

Les appréhensions de nos élèves reposent dans la presque totalité des cas soit sur des "on-dit", soit sur des données très vagues. Elles ont sûrement pour origine le manque de formation scientifique et surtout biologique des milieux où ils évoluent. L'imagination galope sans contrôle et d'une manière confuse ; une image très au-delà de ce qui va avoir lieu se forme et parfois même se substitue à la réalité.

Des explications nettes, claires, précisant bien la situation, le rappel au concret sans fard démystifient déjà la présentation. L'ambiance de travail, de travail scientifique, qui est très loin de l'ambiance "spectacle", parfois attendue ou crainte par nos élèves, calme beaucoup les appréhensions ; ils ne sont là ni pour s'amuser ni pour voir quelque chose d'extraordinaire ; ils sont là pour s'instruire. Enfin l'obligation faite aux élèves de participer d'une manière active au travail général est peut-être le meilleur moyen de faire tomber les appréhensions. L'esprit étant occupé par le but de l'exercice ou par une activité manuelle même facile, l'imagination cesse de "battre la campagne".

Maintenant il arrive, malgré toutes ces précautions, que des élèves ne se sentent pas bien "à leur aise". Nous n'avons pas l'habitude de les brutaliser. Ce genre de malaise n'a rien d'humiliant ; il surprend parfois des personnes très entraînées et la raillerie n'est pas opportune. Il suffit souvent de faire cette remarque avec calme et bienveillance pour stopper le malaise ; de toute façon nous conseillons toujours à nos élèves de ne pas lutter pour satisfaire un orgueil mal placé et nous les autorisons à quitter les lieux de leur propre initiative s'ils se trouvent incommodés ; ils reviendront ensuite.

Avec cette façon de procéder le nombre de malaises enregistrés ne dépasse pas celui des malaises dus à de toutes autres causes, salles surchauffées par exemple ; le nombre des élèves qui sont amenés à se retirer reste très inférieur à celui des exempts d'exercices physiques. Notons surtout que notre façon de procéder est une éducation pour maitriser ses émotions ; en classe elle est dirigée par le professeur, mais une fois connue elle peut servir pour l'usage personnel.

Le fait de prendre part à des opérations sur l'animal pourrait aussi, selon certains, inciter les élèves à torturer des animaux ; le passage serait facile ensuite à l'homme. On a cité, pour justifier cette crainte, des pratiques nazies destinées à atténuer la sensibilité et même à développer la cruauté.

Confondre un exercice scientifique avec le sévice qui consiste à crever les yeux d'un animal pour ensuite rire à ses dépends équivaut à confondre une belle tragédie classique avec un roman feuilleton à sensation, des statues comme celles de la Vénus de Milo avec des dessins grossièrement pornographiques. L'ambiance de nos exercices est une ambiance humaine ; la suppression de la souffrance et de la misère en constituent toujours la toile de fond ; nous sommes donc à l'opposé de l'atmosphère régnant devant les sévices exercés sur l'animal.

Apprendre à maîtriser ses émotions n'est pas synonyme de devenir insensible. Les chirurgiens, les médecins, les infirmières des hôpitaux sont très entraînés à se dominer; on ne songe pourtant pas à les traiter d'insensibles, car ces personnes montrent continuellement une conscience de la misère bien plus développée que chez beaucoup d'autres. Les chercheurs des laboratoires de physiologie, qui à longueur de journée opèrent sur des animaux, ne deviennent pas pour autant des criminels, et l'acteur qui, dans une tragédie, pourfend pour la millième fois son partenaire n'a jamais assassiné personne. La pratique de la science, la pratique de l'art nécessitent le travail, l'effort sur soi-même pour s'éduquer ; ce sont par leur essence même des activités morales. Par contre l'oisiveté, la vie facile, le laisser-aller, les complaisances douteuses engendrent le crime ; il suffit pour s'en convaincre de lire les tristes comptes rendus des cours d'assises.

Il arrive parfois, et la remarque mérite d'être faite, que l'opération sur l'animal révèle chez certains élèves des perversions frustes ; d'autres activités scolaires en révèlent d'ailleurs aussi. Ces débuts de perversion n'ont pas leur origine dans les exercices faits à l'école, mais se trouvent dénoncés par ces exercices. Le naturaliste comme ses collègues des autres disciplines n'est pas simplement un enseignant, mais surtout un éducateur ; il interviendra donc et une conversation amicale mais ferme sera souvent très efficace.

L'opération sur l'animal a eu son histoire jalonnée, comme toute l'évolution scientifique, d'errements, d'abus mais aussi de luttes contre des préjugés, de courageux efforts inspirés par le souci de vaincre la misère. Cette histoire se solde finalement par un bilan positif avec cet enseignement : plus l'intervention sur l'animal s'est faite dans des conditions humaines, plus elle a été féconde du point de vue scientifique ; l'anesthésie n'est-elle pas née de la vivisection ?

L'esprit de ce message venu des générations qui nous ont précédées anime nos interventions sur l'animal ; leur présentation dans le second degré nécessite pour avoir toute sa puissance éducative :

- leur limitation à un petit nombre, de façon à bien envisager les problèmes scientifiques et humains qu'elles évoquent,
- une liberté assez grande laissée au professeur dans le choix et la conduite de ces exercices, cette liberté devant permettre une adaptation correcte de l'éducation à nos différents types d'élèves.

L'opération sur l'animal doit en outre s'insérer dans toute une éducation concrète destinée à assurer un contact étroit entre les jeunes générations et la vie végétale ou animale. Cette éducation doit commencer depuis la plus tendre enfance et se poursuivre jusqu'à l'état adulte. L'action de l'homme sur la Nature a pris une telle envergure qu'il est nécessaire de la conduire aujourd'hui d'une manière scientifique, réfléchie. Les jeunes générations ont besoin d'avoir en main les données du problème et de se faire une idée exacte de l'utilisation faite par l'homme de toutes les formes de vie.

En apprenant aux enfants à soigner eux-mêmes plantes et animaux, à les traiter toujours correctement, ils comprennent les besoins de l'être vivant, ils se penchent sur les causes de souffrance et de misère ; ils se rendent compte aussi de tout ce qu'il y a en puissance chez un être vivant, tout ce que peut une éducation raisonnée pour faire épanouir les différentes formes de vie, les harmoniser entre elles. Leur sensibilité s'affine non seulement vis-à-vis de l'animal, mais aussi vis-à-vis de leurs semblables et, plus que par des discours, ils s'éduquent à vivre avec "les autres" en cherchant à les comprendre.

Les naturalistes de l'enseignement public sont prêts à cette mission d'éducation scientifique et morale exigée par la vie moderne ; ils demandent simplement d'en avoir vraiment les moyens matériels.

On donne enfin comme argument contre l'opération sur l'animal, et aussi contre la dissection, les prélèvements importants qu'ils nécessitent sur le règne animal. Le naturaliste qui condamne le saccage de la Nature serait donc le premier à donner le mauvais exemple.

Le développement des exercices concrets dans notre enseignement, la multiplication des établissements scolaires, qui sont des nécessités, posent effectivement de sérieux problèmes. La démocratisation de l'enseignement, une place plus large donnée aux sciences de la vie, qui est aussi une démocratisation de l'enseignement, accusent encore nos difficultés ; et pourtant ces mesures sont ardemment souhaitées par nous tous.

Une solution apparaît cependant pour éviter un véritable pillage de la Nature. En ce moment s'organisent et se développent auprès des laboratoires de recherche des élevages, des cultures ; bientôt il y aura des plantes et des animaux pour les usages scientifiques comme il y a des animaux d'élevage, des plantes cultivées pour l'alimentation et l'industrie. Cette faune et cette flore de laboratoire se situant en marge de la faune et de la flore naturelles ont sur ces dernières bien des avantages. Les espèces choisies sont en général robustes et se multiplient facilement ; elles sont aussi bien adaptées au travail scientifique ; la culture et l'élevage permettent d'avoir un matériel très constant, ce qui est fort appréciable.

Cette solution est de plus en plus la nôtre pour des études conduisant à des destructions inévitables, réservant la faune et la flore naturelles aux exercices avec prélèvements pratiquement négligeables. Notre Régionale a demandé d'ailleurs la création de centres de cultures et d'élevages pour les besoins de l'enseignement. Nous pourrions ainsi introduire plus largement l'élevage des animaux et la culture des plantes dans la vie scolaire; d'où un contact plus intime de nos élèves avec la vie animale et végétale. En équilibrant correctement nos exercices de laboratoire, nos sorties dans la Nature, nos visites, nous leur donnerons une idée exacte des rapports de l'homme avec les autres êtres vivants.

Pour conclure, ce que nous proposons

L'éducation, l'enseignement sont en fait des "passages de pouvoirs" de générations en place à des générations appelées à leur succéder ; ce passage de pouvoirs doit être loyal. L'opération sur l'animal se situe parmi les techniques qui conditionnent notre vie; nous ne devons éprouver aucune gêne à la présenter aux générations qui vont nous succéder ; notre carence jetterait un discrédit sur des recherches scientifiques profondément humaines.

Operations on animals in secondary school teaching

A. Causin

(Summary)

To operate on animals in front of pupils generally gives vise to much public criticism. This article analyses the reason which justify the use of such exercises and the precautions which must be taken.

Before the experiments, the animals must be well-treated and handled with great care. During an operation, the animal does not suffer as its nervous centres are destroyed (frog) or under general anaesthesia (mouse, rat, guinea-pig). The exercise should bring out the difficulties and constraints of operations on men as well as the qualities which are required of the surgeons. It should be a concrete way of showing how the different organs work. Records should be made and then discussed.

Only a limited number of operations should be carried out. Films are useful to complement the teaching but they do not possess the same power of evocation as actual operations.

The psychological shocks which might affect some pupils can be avoided by clear explanations prior to the operation. The children should be taught to look at reality and to control their emotions as they will have to do in real life.

Thus they would be given an exact idea of the way man uses all the different forms of life ; their sensitivity would be awakened to the preservation of nature and to the precautions which must be taken with plants and animals. Moreover, they would learn to consider the causes of suffering and misery.

Operación sobre el animales vivos en la Enseñanza Segundaria

A. Causin

(Resumen)

Muy a menudo es motivo de crítica por parte de un público mal informado el que se opere un animal en presencía de los alumnos.

Este artículo analiza los motivos que justifican el uso de dicho tipo de ejercicio y las precauciones a tomar.

Antes del experimento, a los animales los tratarán debidamente y los manipularán con cuidado. Se efectúa la operación sin dolor alguno para un animal cuyos centros nerviosos han sido destruidos (rana) o están bajo anestesia general (ratón, rata, y conejillo de Indias).

Sera menester que el ejercicio permita poner de manifiesto las dificultades y obligaciones de una intervención cirúrjica en el hombre así como las cualidades que se exige de los prácticos facultativos.

Permitira enseñar concretamente el funcionamiento de los diversos órganos. Se efectuará gráficos que posteriormente serán objeto de discusión.

Habrá que limitarse a un reducido número de experimentos a los que completarán debidamente unas películas, pero éstas en su modalidad no tienen el poder evocativo de las verdaderas operaciones.

Lejos de eludir los choques psicológicos que podrán padecer ciertos alumnos, habra que prevenirlos con aclaraciones.

Se enseñara a los niños a mirar la realidad cara a cara y a dominar sus emociones como tendrán que dominarlas en la vida.

De esta manera se podrán formar un concepto exacto del uso que hace el hombre de todas las formas de vida ; se educara y encauzará su sensibilidad hacia la conservación de la naturaleza y el cuidado de las plantas y animales ; y aprenderán tambien a examinar las causas del sufrimiento y de la miseria.

Extrait de *Rayonnement.* Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive), nº 5, 1969, p. 4-19

LA MOUCHE :

EXERCICES D'OBSERVATION ET EXPÉRIENCES QUANTITATIVES

F. Randriamamonjy

(Institut National Supérieur de Recherche et Formation Pédagogiques,
Tananarive)

AVANT-PROPOS

Le document que nous présentons est destiné aux professeurs de 5ème*. Les insectes nuisibles figurent en effet aux programmes de cette classe. Nous avons voulu offrir le plus de choix possible dans les questions traitées. Par ailleurs, nous proposons de mettre l'accent sur la biologie et l'éthologie plutôt que sur la morphologie.

La méthode utilisée a besoin de quelques mots de présentation. Dans chaque question, nous partons d'un PROBLEME et nous cherchons à résoudre ce problème au moyen d'une EXPERIENCE. Les résultats de l'expérience résolvent en partie le problème, mais en soulèvent d'autres que l'on résout de la même manière. Les travaux pratiques ne sont donc pas de simples appuis matériels de l'acquisition de connaissances, ni des prétextes à l'observation, ni une simple confirmation de quelque connaissance préalablement communiquée. Les travaux pratiques sont des moyens de RESOUDRE UN PROBLEME POSE.

Il faut d'autre part chercher une logique dans la succession des problèmes, ce qui nous a naturellement conduit à renvoyer à la fin les questions de morphologie.

C'est dans cet ensemble trop long pour ce que nous sommes censés devoir faire en 5ème que nous invitons les collègues à effectuer un choix suivant leurs conditions de travail.

I. LES MOUCHES QUI VOLENT

Les mouches que nous connaissons sont celles qui volent et qui nous gênent dans nos maisons. Ce sont des mouches adultes qui vont donner (ou qui viennent de donner) naissance à d'autres mouches. Il y aura plus ou moins de mouches suivant qu'il y aura plus ou moins de femelles et surtout de femelles qui pondent.

---

* 2ème année de l'enseignement secondaire (élèves de 12-13 ans).

Quelle est la composition en mâles et en femelles des mouches qui volent à un moment donné, par exemple en novembre?

Expérience 1.

But.- Déterminer les pourcentages suivants : mâles, femelles prêtes à pondre.

Matériel.- Une bombe fly-tox ou une pompe néocide (type Prochitox).
Un flacon quelconque.
Des pinces, des aiguilles montées.

Déroulement de l'expérience.

1/ Dans une maison ou dans un local où il y a beaucoup de mouches répandre de l'insecticide.

2/ Attendre pendant quelques minutes l'effet de l'insecticide.

3/ En général, les mouches tombent après quelques minutes. Beaucoup d'entre elles dans leur convulsion présentent à l'extrémité de l'abdomen un organe allongé : c'est l'organe de la ponte.

On peut déjà avoir une idée du nombre de femelles en comptant les mouches qui présentent cet organe de ponte.

On pourra aussi très facilement reconnaître les femelles en pressant très légèrement l'abdomen, provoquant ainsi l'extension de l'organe de ponte.

4/ Si l'on dispose d'un binoculaire, on peut faire un triage beaucoup plus précis en se basant toujours sur la présence soit de l'organe de ponte de la femelle, soit de l'organe de copulation du mâle.

RESULTATS

Les résultats suivants ont été obtenus à l'Institut Pédagogique en utilisant la méthode précédente :

Sur 542 mouches examinées et disséquées, il y a 107 femelles porteuses d'œufs, soit 19,7 % de la population totale. Il y a en tout 39,4 % de femelles. Le nombre de femelles porteuses d'œufs représente la moitié du nombre total de femelles.

Nous avons donc les pourcentages suivants :

Mâles	60,5 %	100%=population totale
Femelles prêtes à pondre	19,7 %	
Femelles dépourvues d'œufs	19,7 %	

Une telle composition de population est probablement variable suivant la date et le lieu de récolte.

Remarques

1/ Cette expérience est assez facile et probablement accessible aux élèves de 5ème. Le problème principal est le fait qu'elle risque de les dégoûter.

S'assurer que les élèves se lavent bien les mains après l'expérience.

2/ Il y a avantage à travailler en équipe nombreuse. Si l'on suppose que chaque élève étudie 5 mouches et qu'ils sont 20, cela donne déjà un résultat qui porte sur 100 mouches, ce qui donne des résultats assez intéressants.

Le binoculaire n'est pas indispensable.

Expérience 2.

But. - Quel est le nombre moyen d'œufs porté par une mouche femelle?

Matériel. - Aiguille montée, -alcool, -boîtes de Pétri ou un récipient semblable, -des mouches préalablement mises en alcool, - une lampe ou une loupe binoculaire.

Déroulement de l'expérience. -

1/ Mettre de l'alcool dans la boîte de Pétri. Y mettre des mouches femelles porteuses d'œufs (reconnaissables à leur abdomen gonflé et de teint très clair).

2/ Se munir d'une aiguille montée dans chaque main (entre le pouce et l'index).

3/ D'une main, maintenir la mouche par la partie antérieure de l'abdomen.

De l'autre, ouvrir l'abdomen suivant la ligne médiane. On verra deux paquets d'œufs - l'un à droite et l'autre à gauche.

4/ En s'aidant d'une loupe ou d'un binoculaire, compter les œufs.

On peut se passer de binoculaire en comptant les œufs sur un papier foncé (noir ou rouge) sur lequel les œufs se détachent très bien.

RESULTATS

Nous avons trouvé les chiffres suivants en disséquant 11 femelles (novembre 1968) -

94 - 94 - 138 - 112 -106 - 80 - 96 - 94 - 156 - 140 - 96.

Moyenne : environ 110 œufs par femelle.

D'autres auteurs qui ont travaillé sur le même problème ont trouvé des nombres d'œufs variant entre 75 et 200.

Remarques

1/ Ce comptage est très délicat. Les œufs sont en effet très petits (environ 1mmx0,2mm).

Mais il n'est pas impossible, surtout si l'éclairage est bon. Il suffit de confier à chaque élève ou à chaque équipe de deux élèves une mouche.

2/ Bien laver les mains après l'opération.

Les deux expériences précédentes sont relativement faciles à réaliser et donnent une idée assez précise de la composition de la population. Ces expériences renseignent sur les possibilités de reproduction des mouches.

On peut récapituler ainsi les résultats que nous avons obtenus à l'Institut Pédagogique en Novembre.

Dans un groupe de 100 mouches prises au hasard, il y a eu en moyenne :

Mâles : 60,5%
Femelles sans œufs : 19,7%
Femelles prêtes à pondre : 19,7%
Nombre d'œufs par femelle : 109

II. LE CYCLE ET LE DEVELOPPEMENT

Les mouches se déplacent pour se nourrir mais aussi pour pondre. Chez beaucoup d'insectes, les œufs sont pondus dans les milieux où les larves trouveront sur place la nourriture.

En est-il de même chez les mouches ?

Problème : Où pondent les mouches ?

Comme nous savons vaguement que les mouches pondent dans des endroits sales et répugnants, nous pouvons imaginer quels sont les milieux qui les attirent.

Ainsi, proposons à la mouche 3 milieux susceptibles d'être trouvés dans les dépôts d'ordures :

- de la viande pourrissante ;
- de la viande cuite et salée ;
- du riz cuit pourrissant.

Expérience 1. -

But. - Sur lequel des 3 milieux proposés (viande salée, viande pourrissante, riz cuit pourrissant) les mouches pondent-elles de préférence ?

Matériel : Un bocal cloisonné (à 4 compartiments), - de la viande salée, -de la viande pourrissante, -du riz cuit, - une dizaine de mouches vivantes.

Déroulement de l'expérience :

1/ Mettre dans le casier 1 de la viande, - dans le casier 2 de la viande salée, - dans le casier 3 du riz cuit et rien dans le casier 4.

2/ Attendre quelque temps et voir dans quels casiers il y a des œufs.

Résultats :

Les pontes ont eu lieu sur la viande et le riz cuit. Aucune ponte sur la viande salée.

Conclusions :

1/ Les mouches semblent préférer les milieux pourrissants (viande et riz) pour pondre.

2/ Elles semblent éviter les milieux qui pourrissent peu (viande salée).

3/ Il se peut bien que la mouche choisisse ces milieux en fonction des besoins alimentaires des larves qui semblent se nourrir aussi bien de matières organiques que des bactéries qui y pullulent.

Les mouches pondent des œufs (beaucoup s'en étonnent!). Il s'agit maintenant de voir comment se fait le développement à partir des œufs.

Expérience 2.-

But.- Suivre le développement des mouches, des œufs à l'adulte.

Matériel.- Un bocal fermé par un morceau de tulle tenu par un élastique, - de la viande cuite ou du riz cuit légèrement humide, - des mouches vivantes.

Déroulement de l'expérience :

La durée de l'expérience est d'environ 15 jours.

1/ Mettre le riz ou la viande dans le bocal;
2/ Y enfermer une dizaine de mouches;
3/ Attendre;
4/ Après quelques heures (ou quelques jours), on voit de petits amas de corps allongés, jaune clair : ce sont des œufs. Un œuf mesure environ 1mm de long et 0,2mm de large.

5/ Après quelques heures (ou quelques jours), on voit de petites bêtes en forme de ver qui se répandent dans tout le bocal. Ce sont des larves.

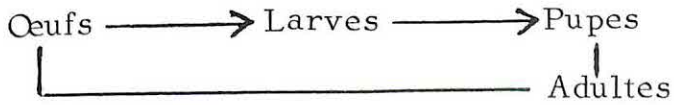
6/ Les larves s'immobilisent après une dizaine de jours et se transforment en des corps ovoïdes immobiles et bien soudés à la paroi du bocal : ce sont les pupes.

7/ Les pupes s'ouvrent après quelques jours et donnent des mouches comme nous les connaissons.

Conclusion :

La mouche pond des œufs qui éclosent et donnent des larves. Celles-ci muent et donnent des pupes qui donnent à leur tour des mouches adultes.

Le cycle de la mouche se résume donc ainsi :



Nous savons que l'œuf mesure 1mmx0,2 et qu'une mouche adulte mesure plus d'un cm. Comment se fait cette croissance ?

Expérience 3.

But : Etude de la croissance en longueur des larves.

Matériel.- Le même que celui de l'expérience 2.

Déroulement de l'expérience :

1/ A heures fixes, estimer avec une règle graduée au demi-millimètre la longueur des larves.

2/ Faire les mesures journalières jusqu'à ce que la larve s'immobilise pour donner une pupe.

Résultats :

Les longueurs obtenues sont portées sur le tableau ci-dessous.

Croissance et longueur des larves. Les mesures sont approximatives mais donnent des indications intéressantes.

	Mouches domestiques				Mouches vertes					
Jours	n°1	n°2	n°3	n°4	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6
1	0,5	1,25	1,5	4	0,5	3,5	1,5	3	2,5	1
2	0,5	2,25	2,5	6	0,5	6,5	3,5	4	4,0	2,5
3	1	3,0	3,0	7	1,0	7,5	3,5	5	6,0	4
4	1,5	4,0	4,5	8	1,5	8,5	4,0	7	7,0	7
5	2,0	5,5	14	10	2,0	10,0	5,5	8	8,0	10
6	2,5	7,0	17	13	2,5	10,0	6,0	10	8,0	12
7	3,0	7,5	18	15	3,0	7,0	7,0	11	8,0	12
8	3,5	7,5	18	16	3,5	7,0	12,0	12	8,0	13
9	4,0	7,5	15,5	17	4,0	7,5	13,0	13	7,5	13
10	4,5	8,5	14	18	4,0	8,5	22	14	7,5	14
11		9,0				9		14	7,5	15
12						10,5				15
						10,5				15

Conclusions :

1/ La longueur des larves est très variable suivant les conditions d'élevage et il en résulte aussi des adultes de taille variable.

2/ La croissance est assez régulière, mais accuse souvent un ralentissement notable quelques jours avant la nymphose.

3/ Dans nos élevages, la mortalité des larves est estimée à 21%.

Les larves se nourrissent de matières organiques pourries ; mais l'on peut aussi se demander si elles ne se nourrissent pas également de bactéries qui pullulent dans ces milieux pourris.

La larve se déplace par contractions rythmiques des muscles du corps tout en utilisant des crochets dans sa partie antérieure.

A partir d'un certain moment, la larve ralentit ses mouvements, puis s'arrête et se contracte. La peau durcit et prend une couleur rougeâtre. C'est la PUPE.

La pupe ressemble peu à un animal vivant. Et pourtant c'est un animal vivant. Comment est-elle faite ?

Expérience 4.

But. - Dissection de la pupe.

Matériel. -Des pupes, -des ciseaux fins ou une lame de rasoir ou des épingles, - une loupe ou si possible une loupe binoculaire.

Déroulement de l'expérience :

1/ Prendre deux pupes préalablement mises en alcool.

2/ Déchirer délicatement la peau durcie d'une des pupes le long de la partie médiane, soit avec des ciseaux, soit avec des épingles, soit avec une lame.

3/ Avec une lame de rasoir, couper la pupe en deux parties égales suivant la longueur.

Résultats :

1/ L'animal est protégé par une enveloppe dure appelée PUPARIUM.

2/ L'animal qui est à l'intérieur du puparium est mou et immobile. On l'appelle aussi NYMPHE . Chez beaucoup d'insectes, avant de devenir adultes, les jeunes qui se développent se font nymphes et deviennent mous et immobiles.

Les pupes donnent des adultes. Dans nos élevages, leur mortalité a été de 34%.

Nous avons trouvé qu'une mouche femelle adulte peut en moyenne produire 10 mouches filles et la durée d'évolution des œufs aux mouches adultes est en moyenne de 15 jours.

Application numérique :

Soit un groupe de 100 mouches. Si la natalité était le seul facteur qui modifie le nombre d'une telle population, combien y en aurait-il après deux mois ?

- durée d'évolution : deux semaines ;
- pourcentage de femelles pondantes : 20% ;
- nombre d'adultes issus d'une femelle : 10.

Solution :

Nombre de femelles pondantes par 100 mouches :

$$\frac{20 \times 100}{100} = 20$$

Nombre de mouches produites par 20 femelles après 2 semaines :

$$20 \times 10 = 100$$

Nombre total des mouches à la fin de la 2ème semaine :

$$200 + 100 = 300$$

Augmentation du nombre de mouches en 2 semaines :

$$\frac{300}{100} = 3$$

Le nombre total des mouches est multiplié par 3 toutes les 2 semaines.

Nombre de mouches à la fin de la 4ème semaine :

$$300 \times 3 = 900$$

Nombre de mouches à la fin de la 6ème semaine :

$$900 \times 3 = 2.700$$

Nombre de mouches à la fin de la 8ème semaine (c'est-à-dire à la fin du 2ème mois) :

$$2.700 \times 3 = 8.100$$

Réponse :

Si la natalité était le seul facteur qui modifie le nombre des mouches, 100 mouches deviendraient en 2 mois 8100 mouches.

En réalité, il y a d'autres facteurs qui interviennent, notamment la mortalité naturelle et accidentelle et, fort heureusement, le nombre des mouches qui nous assaillent ne suit probablement pas cette effrayante progression.

La longueur moyenne de la vie d'une mouche est d'ailleurs connue. Elle est de 76 jours. Le nombre de générations annuelles varie, d'après les auteurs, entre 4 et 18.

La Mosca : ejercicios de observaciones y experimentos

F. Randriamamonjy

(Resumen)

El documento está destinado a los profesores de 2° año de Segunda Enseñanza (alumnos de 12 a 13 años). Y el enfoque está dirigida más bien sobre la biología y etología que sobre la morfología.

Para cada pregunta se parte de un problema tratando de resolverlo con un experimento que a su vez puede plantear otros problemas. El orden lógico lleva a rechazar al final los problemas de morfología.

I. Las moscas que vuelan :

Ejercicio 1.- Sobre moscas muertas por un insecticida, determinar los porcentajes de machos y hembras que están por aovar. La distinción puede hacerse a simple vista o con un microscopio binocular el cual no es imprescindible.

Ejercicio 2.- Cual será el número medio de huevos llevados por una mosca hembra (enumeración a simple vista sobre papel negro o con el binocular).

II. El ciclo y el desarrollo :

Ejercicio 1.- ¿ En donde aovan las moscas ? Habrá que ofrecer tres medios a las moscas : a) carne que se va pudriendo ; b) carne cocida y salada ; c) arroz que se va pudriendo. Los medios a) y c) son los que prefieren las moscas, por lo regular.

Ejercicio 2.- Examinar el desarrollo de las moscas, desde los huevos hasta el adulto (dura el experimento 15 días poco más o menos).

Ejercicio 3.- Estudio del crecimiento en longitud de las larvas (medidas diarias ; índice de mortalidad).

Ejercicio 4.- Disección de tegumento larval ; observación de la ninfa.

Aplicación numérica : cálculos sobre la evolución de una población de moscas (en 8 semanas 100 moscas darían 8.100 si la natalidad fuera el único factor ; vida de una mosca : 76 días por término medio ; número de generaciones anuales : entre 4 y 18).

El documento facilita para cada ejercicio los resultados obtenidos por un grupo de alumnos de Tananarive (República Malgache).

The fly : observations and experiments

F. Randriamamonjy

(Summary)

This paper is intended for secondary school teachers taking second forms (12 to 13 year old pupils. The stress is laid on biology and ethology rather than on morphology.

For each question, the starting point consists in a problem to be solved through an experiment which may in its turn raise other problems. It is required by logic that the morphological problems should come at the end.

I. The volitant flies :

Exercise 1. - Find out , among flies killed with an insecticide, the percentage of males on the one hand and that of females ready to lay eggs on the other. The distinction can be made with the naked eye or with a binocular.

Exercise 2. - What is the average number of eggs carried by a female (counting with the naked eye on black paper or with a binocular) ?

II. Cycle and development :

Exercise 1. - Where do the flies lay their eggs ? Three media will be given to the flies : a) meat going bad, b) cooked and salted meat, c) rice going bad. Generally, media a and c will be chosen.

Exercise 2. - Follow the development of the flies, from the stage of eggs to the stage of adults (the experiment lasts about 15 days).

Exercise 3. - A study of the grubs' growth in length (daily measurements ; death-rate).

Exercise 4. - Dissection of the pupa-case ; observation of the nympha.

Numerical application : calculations concerning the multiplication of a group of flies (in 8 weeks, 100 flies would give 8.100 according to the birth-rate only ; a fly lives about 76 days; number of yearly generations : between 4 and 18.

For each exercise, the paper gives the results found by a group of pupils in Tananarive (Republic of Madagascar).

Extrait de *Rayonnement*. Bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive), nº 2, 1968, p. 78-83

ANALYSE QUANTITATIVE D'UN MILIEU NATUREL

par une équipe d'élèves professeurs
et F. Randriamamonjy, Professeur à l'INSRFP
(Tananarive)

Dans les recherches simples dont nous exposons ci-après les résultats, nous nous sommes fixé deux objectifs :

1.- Mettre à l'épreuve l'un des principes fondamentaux du projet pilote, à savoir l'enseignement de la biologie sous l'angle écologique.

2.- Avoir une idée de ce qu'est un milieu naturel à Madagascar.

Sur le premier objectif, nous avons voulu tâter le terrain de nos recherches pédagogiques. Il s'agissait de voir si nos moyens limités au Secondaire nous permettent de faire un peu d'écologie sans commettre le péché suprême de la faire en chambre. Nous avons donc choisi d'utiliser les méthodes les plus simples et un équipement minimum.

Sur le second objectif, nous avons fixé un programme d'études, car le milieu ici présenté ne constitue que le premier d'une série. Nous espérons en effet dégager quelques caractéristiques pour chacun d'un certain nombre de milieux courants : marais à Cypéracées, rizières, étangs, briqueterie, forêts témoins, etc. Chemin faisant, nous espérons aussi dégager quelques méthodes de travail utilisables, le cas échéant, dans nos écoles.

Le milieu étudié est une pelouse de 11,50 m x 5,30 m dans la cour de l'Institut Pédagogique. Le quartier de la ville où se trouve le milieu considéré est un ancien marais à Eichornia, comblé en 1960 au moyen de terre rouge apportée des collines voisines. La cour a été plantée en herbes à pelouse (graminées) mais certaines espèces rudérales sont venues s'y ajouter par la suite. Le rectangle étudié est bordé sur deux côtés par des maisons, sur le troisième par un chemin public cimenté et sur le quatrième par un grillage qui le sépare d'un terrain vague servant de terrain de jeu aux enfants du quartier.

Nombre approximatif d'espèces présentes

1 - Espèces végétales

Graminées	3	9 espèces
Composées	4	
Solanacées	1	
Polygonacées	1	

2 - Espèces animales

Myriapodes	1	24 espèces
Libellules	4	
Criquets	3	
Coléoptères	4	
Hémiptères (punaises)	3	
Fourmis	2	
Vers	1	
Grenouilles	2	
Divers	4	

Evaluation de la biomasse végétale (producteurs)

La biomasse peut se définir comme la masse totale de matière vivante présente dans un milieu déterminé. La biomasse végétale est donc la masse totale de la matière végétale. Nous l'avons déterminée ici en poids frais (faire la pesée immédiatement après la récolte et sur le lieu étudié) exprimé en grammes par mètre carré.

1° - Méthode

Afin de réduire les possibilités d'erreurs, on a effectué ces mesures en aussi grand nombre que possible. La pelouse (11,50 m x 5,30 m) a été divisée en 70 rectangles (10 rectangles pour chacun des sept observateurs). Dans chaque rectangle, on matérialise un carré de 10 cm de côté. On fait un relevé des espèces dans chaque carré ainsi matérialisé. On se borne à numéroter les espèces présentes sans chercher à connaître les noms exacts. Dans chaque petit carré, des échantillons aussi "représentatifs" que possible sont prélevés, puis pesés. La biomasse en grammes par mètre carré est calculée à partir des chiffres ainsi obtenus.

2° - Résultats

Le poids total de matière végétale présente sur la pelouse (organe souterrain non compris) est égal à :

491 498,48 g soit 491,498 kg

soit 8063,96g/m^2 ou 80,63 tonnes/ha

La biomasse végétale est donc égale à : 8063,96g/m^2 (en poids frais).

L'évaluation de l'importance relative des feuilles a été aussi faite en utilisant la même méthode. Les résultats sont les suivants :

Surface foliaire totale	: 514,68	m^2
Surface foliaire par m^2 de pelouse	: 8,44	m^2
Poids des feuilles	: 2 525,6	g/m^2

soit 31,32 % de la biomasse végétale totale (organes souterrains non compris).

Evaluation de la biomasse animale

1° - Méthode

Trois procédés ont été employés pour la récolte des animaux.

a) Pour les animaux de surface, on a utilisé un procédé simple de comptage. Sept observateurs avançant de front et couvrant les 5,30m qui représentent la largeur de la pelouse, comptent les animaux rencontrés en évitant autant que possible de compter plusieurs fois le même animal. Les chiffres obtenus sont "fusionnés" avec ceux qu'on obtient en procédant par fauchage systématique.

b) Pour les animaux terricoles, on a d'abord utilisé le procédé de Berlese (on sait que ce procédé utilise la lumière et la chaleur pour faire sortir les animaux vivant dans un échantillon de terre). Il était nécessaire de compléter ce procédé par celui de la flottation par lequel les organismes non mobiles sont séparés de la terre par flottation dans un mélange : eau + huile.

c) Pour les vers de terre, on a découpé des mottes de terre de 20 cm x 20 cm x 30 cm judicieusement choisies et compté les vers qui s'y trouvent après pulvérisation de la motte sur un plateau de 1 mètre de côté.

Soit E la totalité de la biomasse des producteurs, nous avons donc la répartition énergétique suivante pour les 3 niveaux : niveau producteur, niveau végétarien, niveau carnivore.

Niveau des producteurs	: E
Niveau des végétariens	: E/169
Niveau des carnivores	: E/6556

Conclusions

1° - L'ensemble des mesures faites permet de se faire une idée de la structure du milieu étudié, notamment sur l'importance relative de chaque niveau trophique dans l'ensemble.

2° - L'étude peut se faire avec un nombre restreint de notions théoriques, des manipulations simples et des calculs faciles. Elle est donc, à notre avis, accessible à des élèves du Secondaire, même aux plus jeunes de 6ème. Cependant, nous pensons qu'il faut une maturité d'esprit assez considérable pour pouvoir apprécier le sens et la nécessité d'une analyse quantitative minutieuse et, de ce fait, si l'étude peut se faire à tous les niveaux, elle ne pourra être profitable qu'à des élèves assez âgés (à partir de la 4ème).

3° - En plus des objectifs déjà annoncés, une analyse quantitative telle que celle que nous avons entreprise peut encore apporter les avantages suivants :

- elle initie les élèves aux méthodes d'analyse scientifique appliquées aux Sciences de la Nature.

- elle permet aux élèves de faire œuvre utile et de première main. Ils participent, dans une humble mesure peut-être, mais authentiquement à la recherche. Une telle occasion est précieuse parce que la vie scolaire (et même universitaire) n'en offre pas souvent.

- elle introduit l'attitude scientifique par excellence, qui consiste à aller aux faits et à interroger la nature.

Tous ces avantages s'inscrivent dans les ambitions du projet pilote.

Bibliographie sommaire

1. DUVIGNEAUD P., Ecosystèmes et Biosphères, Ministère de l'Education Nationale et de la Culture, 155 rue de la Loi, Bruxelles.

2. ODUM E.P., Fundamentals of Ecology, Saunders, Philadelphia, 1959.

Les résultats obtenus sont les suivants (poids total en grammes) :

1. Myriapodes	0,40
2. Larves d'insectes	2,80
3. Libellules	0,50
4. Criquets	15,00
5. Coléoptères	0,36
6. Hémiptères	0,17
7. Vers	2 904,26
8. Grenouilles	74,80
9. Divers	0,60
Total :	2 998,93

Ceci donne une biomasse animale égale à 49,20 g/m^2 (c'est-à-dire : 2 998,93/60,95m^2) dont 47,65g/m^2 de vers.

On voit ici clairement le rôle prédominant des vers dans un écosystème. L'importance relative de leur biomasse confirme l'importance reconnue du rôle qu'ils jouent dans l'évolution des sols. Il est intéressant de noter que dans ce milieu somme toute très jeune, la biomasse des vers à l'hectare (476,6kg/ha) est déjà comparable au chiffre rapporté par DUVIGNEAUD pour la prairie belge (600 kg/ha).

Regroupement des résultats par niveaux trophiques

La séparation des végétariens (consommateurs de premier ordre) et des carnivores (consommateurs de deuxième ordre) n'a pas posé de problèmes particuliers. Il s'agit, en effet, d'animaux courants de régimes alimentaires assez connus.

Les résultats suivants (en gramme/m^2) ont été obtenus :

1° - Biomasse des producteurs (végétaux chlorophylliens) : 8063,96
2° - Biomasse des végétariens (consommateurs de 1° ordre) : 47,92
3° - Biomasse des carnivores (consommateurs de 2° ordre) : 1,23

Il apparaît que l'énergie produite par les plantes vertes reste en grande partie inutilisée. Les végétariens ne représentent en effet que 0,59% de la masse des producteurs. En d'autres termes, 0,59% de l'énergie produite est passée dans le niveau trophique supérieur, 99,41% restant dans le niveau des producteurs.

D'autre part, la masse des carnivores ne représente que 2,56% de celle des végétariens.

Quantitative analysis of a natural medium

by a team of student teachers and F. Randriamamonjy

This article gives the results of a study made by a team of student teachers from a teaching institute (Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques de Tananarive).

In a loan of graminaceae, nine species of plants and twenty-four species of animals have been found. The plant biomass has been evaluated as 80.6 tons per hectare of loan, and the foliar surface to 8.4 m^2 per square metre.

The animal biomass (49.2 gr. per sq. metre) has been evaluated, sub-dividing into the big groups of animal species: the part of worms is essential.

In their conclusions they classify producers and consumers of first and second category. The pedagogic value of such a study is discussed.

Análisis cuantitativo de un medio natural

por un equipo de aspirantes a profesores y F. Randriamamonjy

El artículo da cuenta de los resultados de un trabajo ecológico colectivo efectuado por un grupo de aspirantes a profesores de un Instituto Pedagógico (Institut National Supérieur de Recherche et de Formation Pédagogique de Tananarive).

Se trata de un césped con gramíneas. Nueve especies vegetales y 24 especies animales fueron identificadas. Fueron evaluadas tanto la biomasa vegetal (80,6 TM por ha. de césped) y la superficie foliar (8,4 m^2 por m^2 de césped).

La biomasa animal (49,2 g/m^2) ha sido calculada, identificando la parte correspondiente a cada uno de los grandes grupos animales. La presencia de gusanos es predominante.

Se llega a conclusiones sobre la repartición de productores y consumidores de primer y segundo orden; luego se comenta el valor pedagógico de un trabajo de este género.

Extrait du *Bulletin de la Société des sciences naturelles et physiques du Maroc*, vol. 49, 1969, p. 3-30

UN ESSAI PEDAGOGIQUE DESTINE AUX CLASSES DE SCIENCES NATURELLES DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : LE CHENE-LIEGE ET SON MILIEU

par C. BEAUDET

Les programmes de Sciences naturelles de l'Enseignement secondaire font, à juste titre, une place de plus en plus large à l'étude de la vie animale ou végétale dans les milieux locaux ou régionaux. Aussi a-t-il paru judicieux de consacrer cet essai à une espèce végétale bien représentée au Maroc : le Chêne-liège, qui fut l'objet d'importants travaux scientifiques. Nous espérons ainsi aider nos collègues du Secondaire, particulièrement ceux d'entre eux qui enseignent dans le Maroc du Nord-Ouest, à préparer des leçons consacrées à des études écologiques régionales.

Cet essai n'a nullement la prétention d'être un article de recherche scientifique originale ; il vise seulement à mettre commodément à la portée des enseignants et des élèves des notions souvent dispersées dans des ouvrages de recherche, dont les principaux sont :

CH. SAUVAGE (1961). — Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. — *Travaux de l'Institut scientifique chérifien*. Série Botanique, n° 21.

B. LEPOUTRE (1965). — Régénération artificielle du Chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. — *Annales de la recherche forestière au Maroc*, Tome 9.

A. METRO & CH. SAUVAGE (1955). — Flore des végétaux ligneux de la Mamora. — « *La Nature au Maroc* ». Rabat.

CH. SAUVAGE (1963). — Etages bioclimatiques. Notice explicative de la planche 6 b de l'*Atlas du Maroc*.

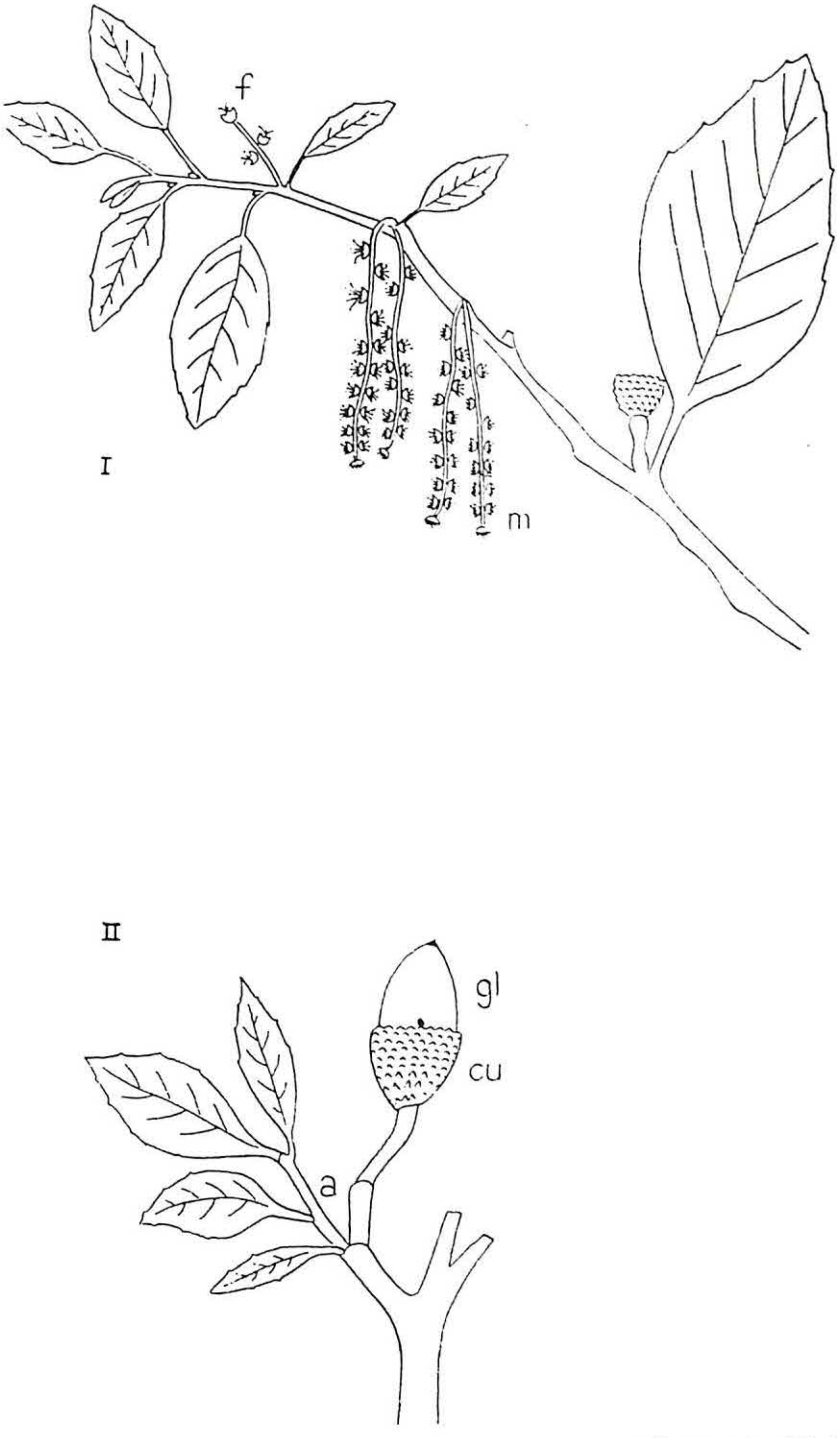
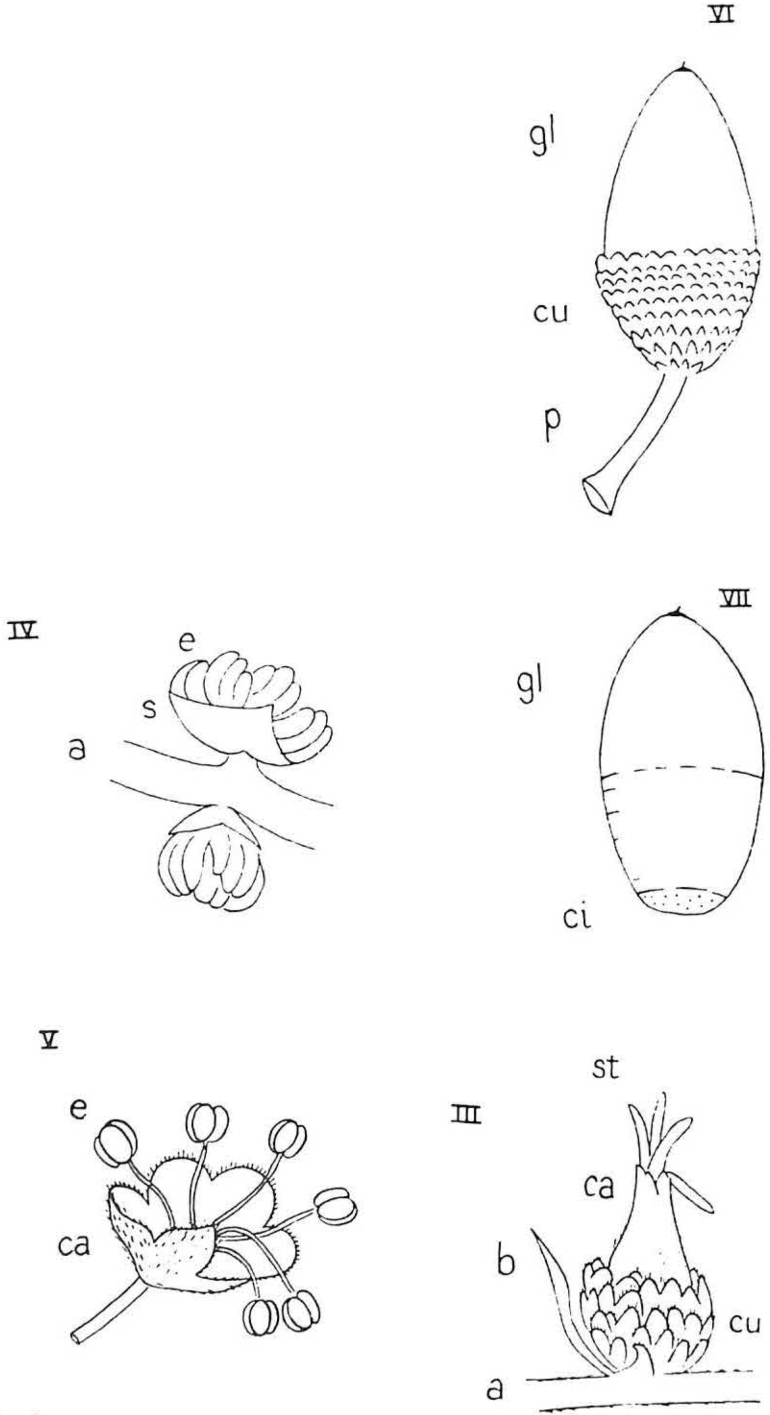


PLANCHE A. — **QUELQUES ÉLÉMENTS MORPHOLOGIQUES CARACTÉRISTIQUE DU CHÊNE-LIÈGE.**

I : L'extrémité d'une branche au printemps ; en **m**, chatons mâles sortis des bourgeons sur un rameau de l'année précédente ; en **f**, cupules femelles sur axe floral porté par un rameau de l'année ; II : Un rameau en automne ; en **a**, un rameau de l'année ; **gl**,



gland ; **cu**, cupule ; III : Fleur femelle au printemps ; **st**, stigmate ; **ca**, calice ; **cu**, cupule ; **b**, bractée de base ; **a**, axe floral ;IV et V : Fleur mâle au printemps ; **s** et **ca**, calice ; **e**, étamine ; **a**, axe floral (IV : étamines non mûres ; V : étamines mûres) ; VI : Gland ; **gl**, gland ; **cu**, cupule ; **p**, pédoncule ; VI : Gland délogé de sa cupule ; **cl**, cicatrice d'insertion du gland dans la cupule.

I. — LE CHENE-LIEGE

Le Chêne-liège (*Quercus Suber*) est un des arbres les plus majestueux des forêts méditerranéennes : il peut atteindre 15 à 20 m de hauteur totale. Son tronc droit peut avoir 50 cm de diamètre pour un individu de 80 ans et 70 cm pour un vieil arbre bi-centenaire ; le tronc est recouvert d'une écorce ligneuse crevassée en surface — le liège — dont l'épaisseur peut atteindre 6 cm. Le cœur et l'aubier présentent en coupe des anneaux concentriques, ou cernes, très peu nets, qui témoignent de la succession des périodes annuelles d'assimilation chlorophyllienne.

Au-dessus du tronc, le houppier, ou cime, est toujours largement étalé. Les feuilles ovales et dentelées de fines pointes écartées sont alternes et coriaces ; glabres et vert-sombre au-dessus, ces feuilles sont enduites d'un revêtement cireux qui limite l'évaporation ; au-dessous, elles sont grises et finement pubescentes. Ces feuilles persistent sur l'arbre plus d'une année, mais une grande partie d'entre elles tombent au cours de l'hiver et du printemps. Toutefois, l'arbre apparaît très rarement complètement défeuillé : le Chêne-liège a un feuillage sub-persistant.

A partir de 70 ans, le même arbre porte à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles (Pl. A) :

— les fleurs mâles, constituées de cinq à dix étamines fixées dans un calice de cinq à huit sépales soudés, apparaissent au printemps groupées en chatons allongés, pendants et verdâtres ; ces chatons sont portés par les rameaux de l'année antérieure.

— les fleurs femelles, qui apparaissent en épis (de deux à cinq fleurs) sur les rameaux de l'année, sont entourées d'une large cupule caractéristique de bractées ; au milieu d'un périanthe formé de six sépales verdâtres, le pistil est constitué d'un ovaire infère surmonté de trois stigmates et creusé de trois loges contenant chacune deux ovules.

Le vent entraîne les grains de pollen — très petits et lisses — sur les fleurs femelles : la pollinisation est donc anémophile. Après la fécondation, un seul ovule se développe. L'ovaire devient un fruit, un akène, enchassé à sa base dans la cupule conique qui s'agrandit et se couvre d'écailles lâches partiellement saillantes. Le fruit, c'est-à-dire le gland, mûrit en automne.

Le Chêne-liège a donc des fleurs unisexuées, dépourvues de pétales : il appartient à la sous-classe des Apétales.

D'autre part, la cupule qui persiste et se développe à la base du fruit est caractéristique : la famille du Chêne-liège (Fagacées) appartient au grand groupe des Cupulifères qui, outre toutes les espèces de chênes, comprend également beaucoup d'espèces forestières comme le Hêtre, le Châtaignier, le Charme, le Bouleau, le Noisetier et l'Orme.

II. — L'EXPLOITATION DU CHENE-LIEGE (Pl. B)

Le Chêne-liège est une essence forestière productive. Sur l'arbre âgé de 27 ans, on exploite d'abord le liège mâle, c'est-à-dire le premier liège formé ; celui-ci comporte de nombreux trous, les lenticelles, et est donc de mauvaise qualité : le liège mâle est surtout utilisé en agglomérés comme isolant.

Ensuite, tous les 9 ans jusqu'à l'âge de 72 ans, on exploite sur le même tronc le liège de reproduction, ou liège femelle, qui s'est développé entre-temps. Ce liège est plus compact, de meilleure qualité, et sert surtout à faire des bouchons. De nos jours, les utilisations du liège à bouchon sont concurrencées par l'emploi de matières synthétiques ; aussi les cours du liège de reproduction ont-ils baissé et l'exploitation du Chêne-liège tend à évoluer vers la production de liège mâle.

En fin de rotation (72 ans), ou avant, la coupe se fait à blanc étoc, c'est-à-dire que l'on laisse une souche à partir de laquelle des bourgeons régénèrent de nombreuses tiges : on dit que la souche du Chêne-liège rejette. La croissance de toutes les jeunes tiges d'une même souche donne naissance à un taillis qui remplace le fût initial. Le taillis est ensuite dépressé : on laisse trois brins qui donneront des fûts pouvant à leur tour être exploités pour leur bois. Mais les coupes fréquentes épuisent l'arbre et la souche peut alors mourir.

Dans certaines forêts, comme la plus grande partie de la Mamora, le Chêne-liège ne se régénère pas par semis naturels. Aussi, les forestiers ont-ils voulu régénérer la subéraie par semis artificiels. Une pre-

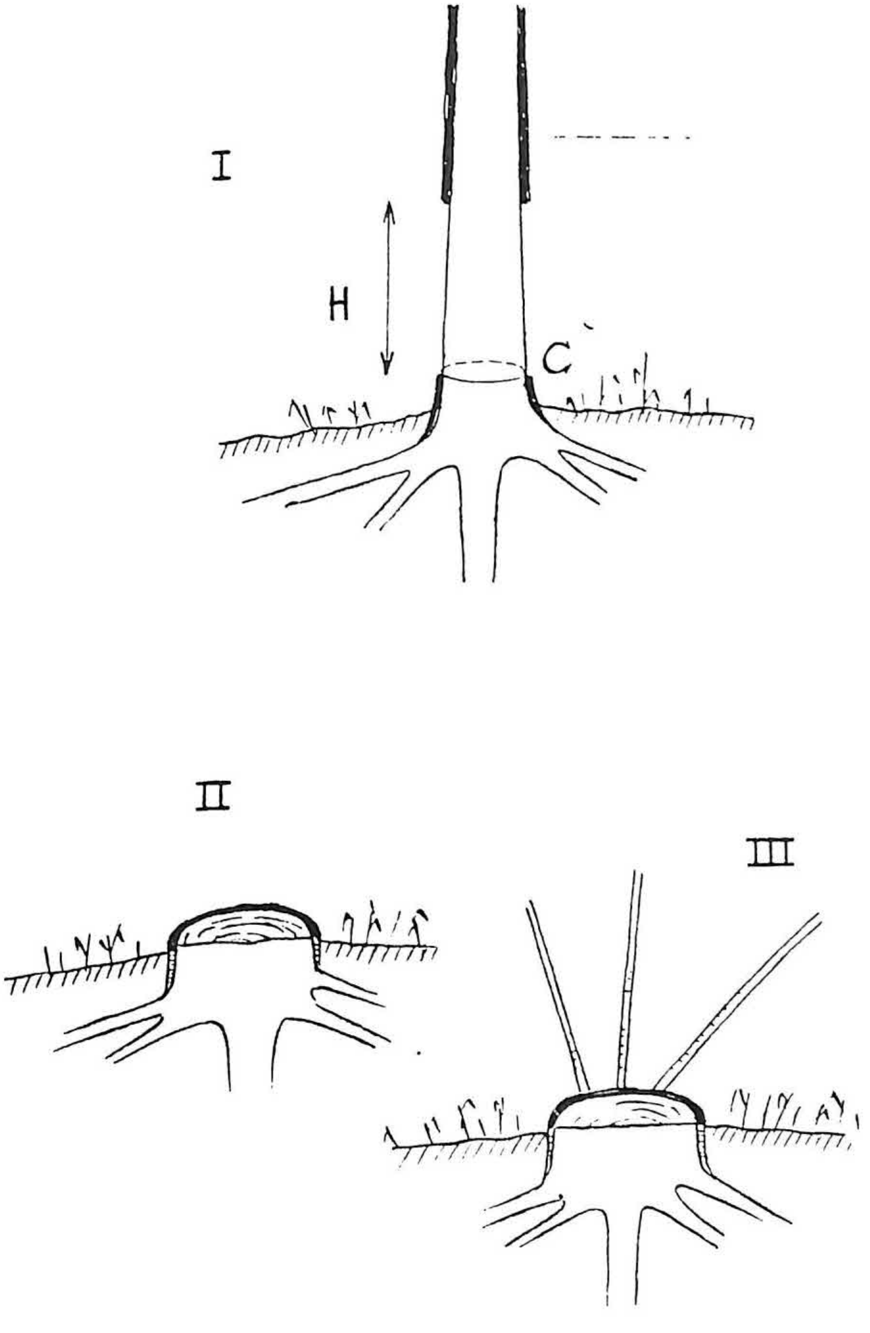


PLANCHE B. — L'EXPLOITATION DU CHÊNE-LIÈGE.

I. — Exploitation du liège : la hauteur de la partie démasclée (H) est égale à deux fois la circonférence du tronc sur écorce (C) ; II et III. — Exploitation du bois. II : Arbre coupé à blanc étoc (notez la coupe arrondie de la souche). III : Rejets de la souche au niveau de l'assise libéro-ligneuse.

mière tentative de semis pratiqués en 1951 a été un échec et il fallut attendre 10 ans pour que des recherches écologiques nouvelles permettent de préciser les conditions favorables de la régénération artificielle.

III. — LA LOCALISATION DES FORETS DE CHENE-LIEGE

La carte 1 représente la répartition actuelle des subéraies, c'est-à-dire des forêts de Chêne-liège. Celles-ci sont essentiellement situées à la périphérie de la plaine du Rharb : dans le Rif occidental et le Tangérois, sur le flanc nord du Plateau central, sur les bas plateaux littoraux entre Rabat et Casablanca, et surtout au Sud même de la plaine du Rharb, en Mamora. A l'écart, quelques petites stations à Chêne-liège, disséminées sur les bordures nord et ouest du Moyen Atlas et du Haut Atlas, n'offrent guère d'importance.

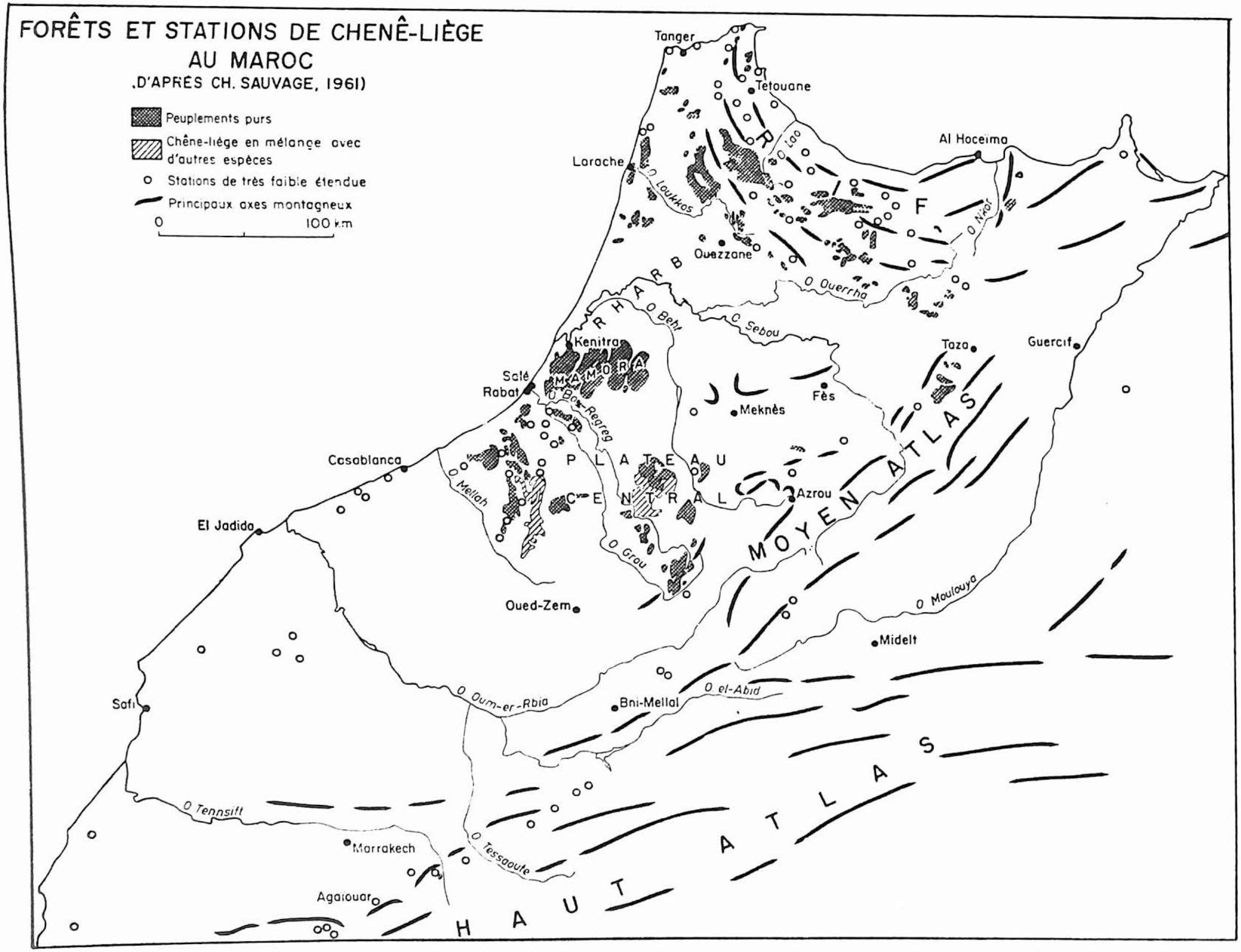
Pour tenter de comprendre la répartition spatiale du Chêne-liège, il convient d'examiner les divers facteurs permettant l'existence — ou justifiant l'absence — de cette essence forestière, c'est-à-dire d'en étudier l'écologie.

L'étude écologique du Chêne-liège sera menée en considérant successivement les facteurs suivants :

- les facteurs climatiques (température, précipitations, hygrométrie, vent...) qui dépendent à la fois de la latitude, de la position par rapport à la mer et de l'altitude ;
- les facteurs édaphiques, c'est-à-dire les conditions physiques, chimiques et hydriques qu'offrent les sols à la croissance du chêne-liège ;
- les facteurs biotiques, autrement dit les rapports favorables ou défavorables qu'entretient le chêne-liège avec les autres organismes vivants.

A. LES FACTEURS CLIMATIQUES.

Les données climatiques mentionnées ici ne concernent que le macroclimat — ou climat général — des régions considérées. Malheureusement, les mesures mésoclimatiques (à l'échelle d'un élément de relief) et microclimatiques (à l'échelle d'un point particulier, d'une



Carte I. — Les stations de Chêne-liège au Maroc (d'après Ch. Sauvage, 1961).

surface réduite) sont encore très rares au Maroc. Il est cependant certain que bien des « anomalies » locales de la répartition du Chêne-liège sont à rechercher dans cet ordre de mesures climatiques fines.

Grossièrement, l'existence des chaînes montagneuses et l'inégal éloignement par rapport à l'Océan atlantique divisent le Maroc en trois grandes régions climatiques :

— le Maroc cisatlasique, ensemble de pays largement ouverts vers l'Ouest et adoucis par l'Atlantique ;

— le Maroc du Nord-Est, où les influences méditerranéennes ne pénètrent guère au-delà d'une mince frange littorale ;

— le Maroc transatlasique, pays de l'intérieur à climat continental.

Toutefois, dans ces trois grands domaines, le climat demeure partout méditerranéen, c'est-à-dire qu'il fait succéder un été chaud et sec durant généralement 4 mois à une saison fraîche et humide (majeure partie de l'automne, hiver, et début du printemps).

Le Chêne-liège n'existe pratiquement qu'au Nord du Maroc cisatlasique. Il convient donc d'analyser les conditions climatiques particulières de cette région nord-cisatlasique en étudiant les facteurs du climat connus grâce à quelques stations météorologiques.

du Chêne-liège du point de vue thermique. En effet, ces trois stations

1. La température.

Trois stations climatiques montrent bien quelles sont les exigences sont situées à proximité immédiate de la limite des peuplements du Chêne-liège, et illustrent donc les conditions climatiques extrêmes compatibles avec l'existence du Chêne-liège. Il s'agit de Rabat, à l'orée de la forêt de la Mamora, de Tiflète, sur la bordure sud de cette même forêt, et d'Agaïouar dans la montagne du Haut Atlas.

Du point de vue thermique, les facteurs limitants du Chêne-liège (comme de tous les végétaux) sont :

— les températures maximales, qui règlent l'évaporation ;

DONNEES CLIMATIQUES CONCERNANT QUELQUES STATIONS A CHENE-LIEGE

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	moyenne annuelle
Températures maximales moyennes mensuelles													
RABAT	28,5	27,1	25,0	21,2	18,4	17,4	18,2	20,1	21,5	23,5	25,5	28,0	22,9
TIFLÈTE	35,8	32,3	27,5	21,6	17,7	16,7	18,2	20,9	23,6	26,7	31,3	35,4	25,6
AGAÏOUAR	29,5	23,7	19,2	14,6	11,6	11,2	11,9	13,6	14,7	18,5	23,6	29,0	18,4
Températures minimales moyennes mensuelles													
RABAT	18,0	16,6	14,6	11,3	8,9	7,7	8,0	9,7	11,0	13,0	15.8	17,5	12,7
TIFLÈTE	17,0	15,60	12,9	9,4	6,6	5,6	6.0	7,9	9,0	11,0	14,3	16,5	11,6
AGAÏOUAR	15,9	11,9	8,2	4,6	1,1	0,5	1,2	3,2	4,3	6.8	10,9	15,8	7,0
Précipitations moyennes mensuelles													
RABAT: moyenne pour 25 ans.	1	9	54	94	93	62	62	65	44	30	9	0	523 mm
RABAT : année 1963-64	0,1	4,3	4	7,7	291,8	21,2	54,6	94,9	13,4	17,6	0	0	509.6 mm
année 1968-69.	0,0	5,8	1,5	341,4	89,1	85,8	201,7	77,2	84,3	9,5	28.2	10,5	935 mm

— les températures minimales, qui imposent une limite à la vie de la plante (à l'extrême, on connaît la sensibilité au gel de certains végétaux).

Il convient donc d'étudier les températures maximales et minimales de ces trois stations pour préciser les seuils thermiques supérieur et inférieur permettant la vie de l'espèce.

a. Les températures maximales (fig. 1)

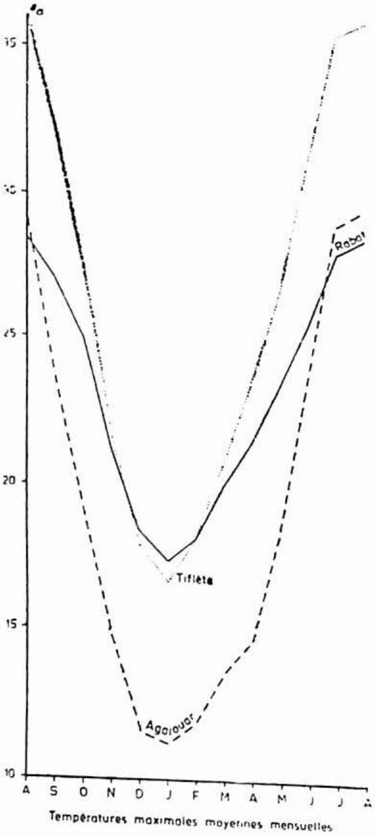


Fig. 1. — Températures maximales moyennes mensuelles dans trois stations des limites de la subéraie.

Deux données sont importantes à considérer : la température maximum moyenne annuelle (M') et la température maximum moyenne du mois le plus chaud(M). Pour les trois stations extrêmes sus-nommées, ces données sont les suivantes :

STATION (ALTITUDE)		TEMP. MAX. MOYENNE ANNUELLE (M')	TEMP. MAX. MOYENNE DU MOIS LE PLUS CHAUD (AOÛT) (M)
Extrémité occidentale de la Mamora	Rabat (65 m)	22° 9	28° 5
Extrémité orientale de la Mamora	Tiflète (320 m)	25° 6	35° 8
Haut Atlas	Agaïouar (1 805 m)	18° 4	29° 5

Le Chêne-liège supporte mal les températures élevées. La limite de son aire correspond en gros à des températures maximales moyennes annuelles de l'ordre de 25°. Ainsi, le Chêne-liège est à son aise en Mamora occidentale où la température maximale moyenne annuelle est de 22° 9 (Rabat), alors qu'il est à son extrême limite à Tiflète où la donnée correspondante de 25° 6. Au cours de l'année, les conditions thermiques sont particulièrement dures en été, puisque les températures maximales moyennes d'août des trois stations considérées se tiennent entre 28 et 35°.

A titre de comparaison, signalons que le Chêne vert, espèce davantage plastique, supporte une température maximale moyenne annuelle pouvant aller jusqu'à 29°. De son côté, le Cèdre se tient dans des milieux nettement plus frais : la température maximale moyenne annuelle est de 18° 2 seulement à Ifrane.

b. Les températures minimales (fig. 2)

Comme pour les températures maximales, nous considérons deux données :

— m' : température minimum moyenne annuelle ;

— m : température minimum moyenne du mois le plus froid (janvier)

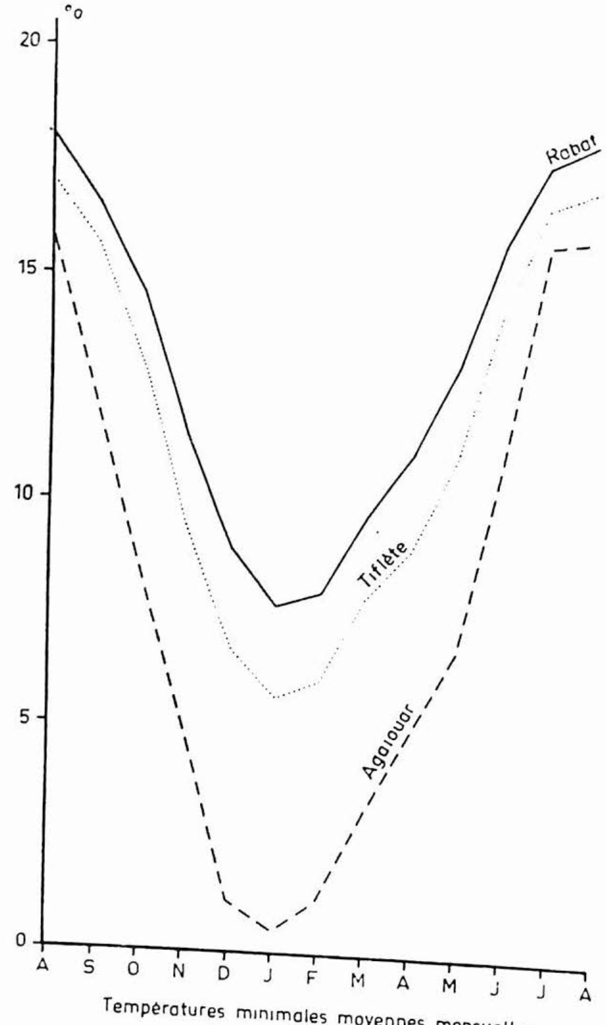


Fig 2. — Températures minimales moyennes mensuelles dans trois stations des limites de la subéraie.

STATION (ALTITUDE)	TEMP. MIN. MOYENNE ANNNUELLE (m')	TEMP. MIN. MOYENNE DU MOIS LE PLUS FROID (JANVIER) (m)
Rabat (65 m)	12° 7	7° 7
Tiflète (320 m)	11°	5° 6
Agaïouar (1 805 m)	7°	0° 5

Ainsi, le Chêne-liège supporte mal les basses températures. La limite de son aire correspond à des températures minimum moyennes annuelles de 7° (Agaïouar) et à une température minimale du mois le plus froid de 0° 5 (1).

A titre comparatif, mentionnons que le Cèdre et le Chêne vert résistent mieux au froid : ces essences supportent des températures minimales moyennes annuelles de l'ordre de 3° seulement. Aussi, la cédraie et l'iliçaie (forêt de Chênes verts) relaient la subéraie en altitude à cause de ces conditions thermiques.

2. Les précipitations (fig. 3)

a. La pluie.

Dans les stations météorologiques, un pluviomètre permet de mesurer la quantité de pluie tombée, exprimée en millimètres, durant

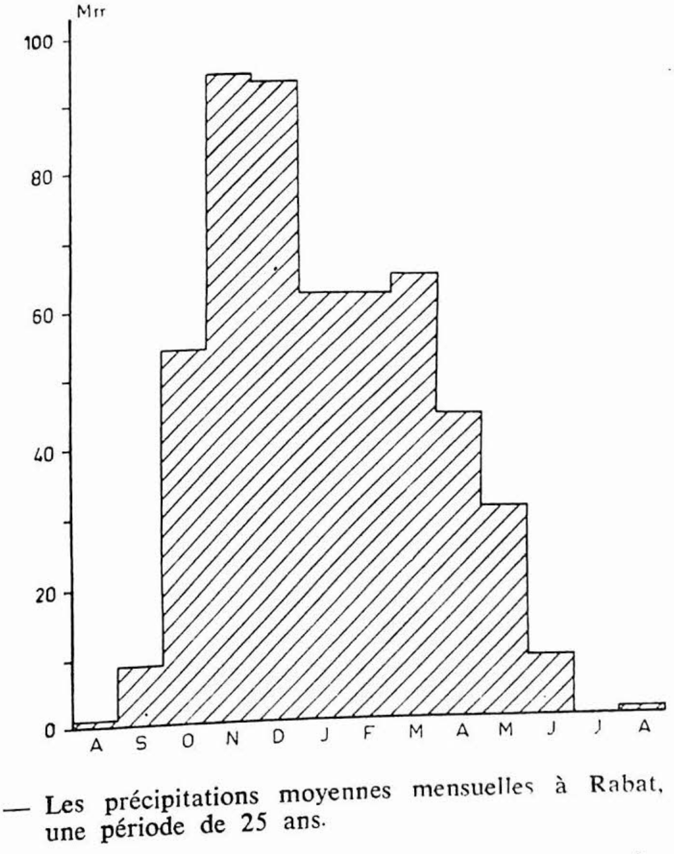


Fig. 3. — Les précipitations moyennes mensuelles à Rabat, établies pour une période de 25 ans.

---

(1) Il s'agit là sans doute de la limite thermique inférieure extrême : à proximité dAgaïouar, le tronc du Chêne-liège est revêtu d'un manchon de liège très épais et la longévité de l'arbre y paraît moins grande.

un temps donné. Totalisées pour chacun des mois de l'année, ces mesures permettent de construire un diagramme pluviométrique :

— en portant en abcisse les 12 mois de l'année ;

— en portant en ordonnée les hauteurs d'eau (en mm) reçues en moyenne durant chaque mois.

Il est ainsi facile d'apprécier pour chaque station :

— la pluviosité moyenne annuelle (total des 12 mois) ;

— le régime des précipitations, c'est-à-dire les variations saisonnières des pluies (on observe en particulier l'importance de la grande saison sèche d'été, et la moindre ampleur de la petite saison sèche d'hiver encadrée par les deux maximum de précipitation).

Un premier fait ressort clairement de l'étude et des diagrammes pluviométriques : le Chêne-liège n'existe presque jamais là où les précipitations moyennes annuelles sont inférieures à 400 mm. En fait, le Chêne-liège se tient au Maroc dans les régions recevant en moyenne de 440 à 1 700 mm par an. Ainsi s'explique le fait que le Chêne-liège soit essentiellement localisé dans la partie nord du Maroc atlantique, suffisamment humide.

D'autre part, il est important de considérer la fréquence des pluies, c'est-à-dire le nombre moyen de jours de pluie par an ; le Chêne-liège n'existe jamais lorsque le nombre de jours de pluie par an est inférieur à 50. A titre comparatif, signalons que le Cèdre exige pour vivre un minimum de 100 jours de pluie par an.

b. La neige.

Si les chutes de neige sont exceptionnelles dans les bas pays encadrant la plaine du Rharb, elles deviennent habituelles dans les régions montagneuses. Pourvu que les températures minimales restent dans les limites précisées plus haut, le Chêne-liège supporte la neige. Toutefois, il en souffre : après une chute abondante, il n'est pas rare que ses branches, toujours pourvues de feuilles même en hiver et portant donc un grand poids de neige, cassent et tombent. De ce point de vue, signalons que le Chêne zène, le Chêne tauzin et le Chêne vert, mieux adaptés au froid ou plus dépouillés en hiver, souffrent moins des chutes de neige.

c. *Les précipitations occultes.*

Il s'agit de condensations liées aux brumes, brouillard et rosées, que n'enregistrent pas les pluviomètres mais qui mouillent les feuilles.

Grâce à ses frondaisons étalées et à ses feuilles cireuses, le Chêne-liège est un condensateur d'eau énergique. Ce phénomène est particulièrement important à proximité du littoral atlantique, à Rabat par exemple, où l'on peut estimer que l'arbre bénéficie ainsi de 20 à 50 mm par an supplémentaires. Toutefois à plus de 50 km de la côte, le rôle des précipitations occultes devient presque négligeable.

D'autre part, signalons qu'à proximité immédiate du littoral, les embruns marins sont chargés de sels, en particulier de chlorures. Or, le Chêne-liège ne supporte pas cet élément en quantité notable ; c'est pourquoi il est éliminé des rivages, alors même que les autres conditions climatiques permettraient son existence.

3. Le vent

En déplaçant des masses d'air de nature différente, le vent intervient pour nuancer sérieusement les données climatiques déjà examinées. Toutefois, selon son origine, le vent exerce une action dissemblable sur la végétation. Deux cas sont à considérer :

- les brises ou vents de mer, ont un effet températeur et humidificateur : ces vents abaissent les températures estivales de 3 à 4° et augmentent l'humidité relative de l'air de 30 à 40 %. Cette action est sensible jusqu'à 75 km des côtes de l'Atlantique et jusqu'à 500 m d'altitude. Il est probable qu'une partie des subéraies des pays littoraux atlantiques doivent leur existence à ce phénomène : à proximité de Rabat le Chêne-liège peut ainsi supporter deux mois de sécheresse absolue (juillet et août) ;
- les vents d'origine continentale, venant du Sud ou de l'Est, constituent au contraire des apports d'air sec et plus ou moins chaud qui d'ailleurs s'échauffent en dévalant des reliefs intérieurs. Ainsi, le *chergui* fait communément s'élever la température à plus de 40° et abaisse l'humidité relative de l'air à des valeurs très faibles. La disparition du Chêne-liège dans les régions intérieures — même bien arrosées — tient peut-être en partie à l'existence de ces vents continentaux.

4. Le Chêne-liège et les facteurs bioclimatiques.

Il ne suffit pas de considérer isolément les éléments du climat — température, précipitations, etc. — pour comprendre la répartition d'une espèce végétale. Il faut aussi pouvoir apprécier globalement les conditions climatiques. En particulier, il est nécessaire d'établir, pour une station ou une région donnée, une relation chiffrée entre les deux éléments les plus importants du climat : la température et les précipitations.

Cette relation s'appelle l'aridité et sa formulation la plus générale est : $\frac{P}{t}$, où P : Précipitations, t : température.

En effet, ces deux éléments du climat jouent en quelque sorte en sens inverse pour définir le climat régional :

P exprime la quantité d'eau reçue, dont une partie va alimenter la végétation ;

t est proportionnel à l'évaporation.

Autrement dit, le rapport d'aridité $\frac{P}{t}$ exprime grosso modo la quantité d'eau disponible pour la végétation (tranche d'eau reçue P — tranche d'eau évaporée proportionnelle à t).

De nombreuses formules ont été inventées pour calculer précisément ce rapport. Malheureusement, la plupart d'entre elles font appel à des mesures climatologiques bien particulières, telles que la nébulosité, l'ensoleillement, les précipitations occultes, l'évaporation potentielle, que fort peu de stations météorologiques sont capables de fournir.

Aussi, les botanistes du Maroc utilisent dans leurs travaux une formule due à L. EMBERGER présentant le grand avantage de pouvoir être calculée pour toutes les stations où les observations ont été assez longues, à l'aide seulement de mesures thermiques et pluviométriques.

Cette formule, ou quotient pluviothermique de L. EMBERGER s'exprime ainsi, dans sa forme la plus récente (1955) :

$$Q = \frac{1\,000\ P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

où :

P = moyenne des précipitations annuelles en mm ;

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud exprimée en degrés absolus ($t^\circ K = t^\circ C + 273^\circ 2$) ;

m = moyenne des minima du mois le plus froid exprimée en degrés absolus.

Le rapport $\frac{M + m}{2}$ désigne la température moyenne annuelle.

L'expression $M - m$ exprime l'amplitude thermique extrême moyenne annuelle.

Les résultats obtenus du calcul de Q pour les stations du Maroc vont de 5 environ pour les stations les plus arides (Rissani : 5,2) jusqu'à plus de 150 pour les stations de moins arides (176,9 à Tanger, 158,9 à Bab Bou Idir au Nord du Moyen Atlas).

Cet échelonnement des quotients pluviothermiques contribue à définir les cinq étages bioclimatiques suivants, du moins aride au plus aride :

- étage bioclimatique humide
- étage bioclimatique subhumide
- étage bioclimatique semi-aride
- étage bioclimatique aride
- étage bioclimatique saharien.

A l'intérieur de chacun de ces étages, la prise en considération de m (moyenne des minimum du mois le plus froid exprimée en degrés centigrades) permet de distinguer les sous-étages suivants en fonction de la température hivernale, considérée comme facteur limitant de la vie végétale :

- sous-étage à hiver froid
  ($m < 0^\circ$)
- sous-étage à hiver frais
  ($0^\circ < m < 3^\circ$)
- sous-étage à hiver tempéré
  ($3^\circ < m < 7^\circ$)
- sous-étage à hiver chaud
  ($m > 7^\circ$)

En reportant Q en ordonnée et m en abcisse, il est possible de construire un climagramme où sont pointées les stations météorologiques dont on connaît l'espèce végétale climax dominante.

Les stations à Chêne-liège se répartissent sur trois étages bioclimatiques — humide, subhumide et semi-aride — et, pour chacun de ces étages, sur tout ou partie des sous-étages à hiver frais, à hiver tempéré et à hiver chaud (fig. 4).

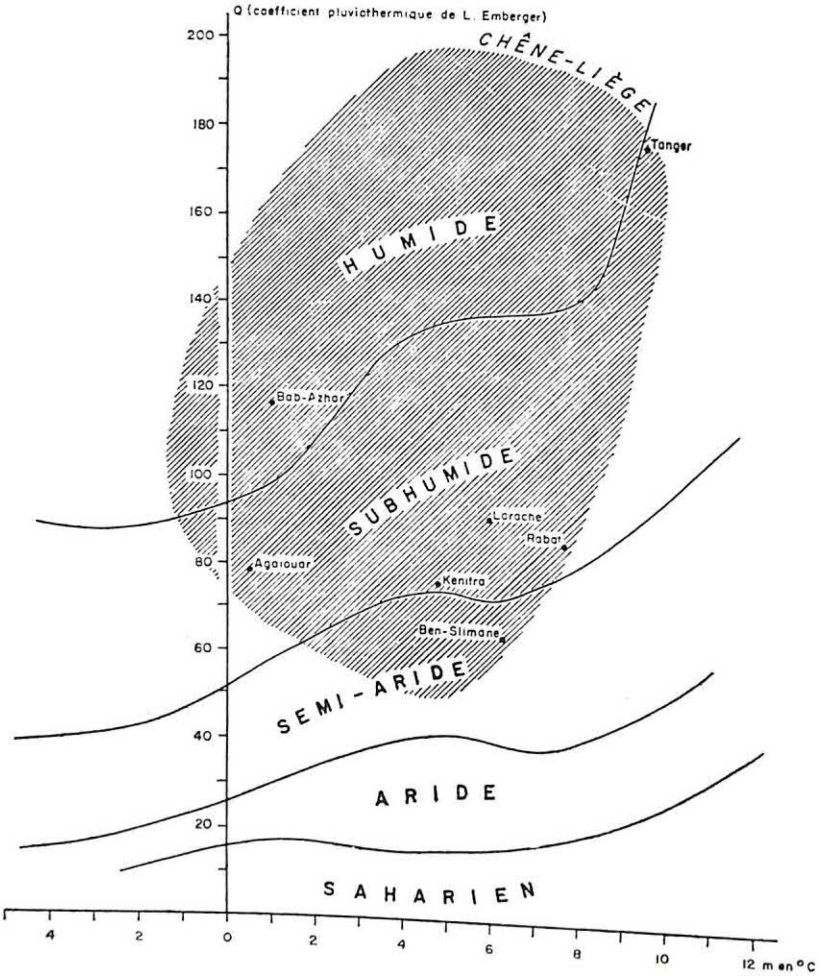


Fig. 4. — La position du Chêne-liège sur le climagramme pluviothermique de L. Emberger (d'après Ch. Sauvage, 1961).

En ce qui concerne la plus grande subéraie du Maroc, la Mamora, précisons qu'elle est pour l'essentiel située dans l'étage semi-aride. Toutefois, sa partie occidentale, le long du littoral atlantique, sur une profondeur d'environ 10 km (Rabat, Kénitra) appartient de justesse à l'étage subhumide. En effet, à l'W, la pluviosité est plus forte et les températures maximales plus faibles en raison du voisinage de l'Océan : dans ce domaine subhumide, la subéraie est en bon état. Au contraire, vers l'E, la pluviosité tend à diminuer tandis que les températures maximales et les amplitudes thermiques se renforcent ; dans cet étage semi-aride, le Chêne-liège est moins à son aise et près de ses limites d'existence.

Ainsi est-il possible de préciser les exigences climatiques déjà entrevues du Chêne-liège :

— le Chêne-liège exige une certaine humidité ;

— le Chêne-liège fuit les régions à hiver froid et les zones à été très chaud.

Les conditions climatiques rendent donc compte de l'aire où se cantonne le Chêne-liège : dans la partie nord du Maroc atlantique, hautes montagnes trop froides exceptées, et cuvettes trop arides exclues.

Mais à l'intérieur de cette vaste aire du Maroc du Nord-Ouest, ce sont d'autres facteurs écologiques qui déterminent l'existence ou l'absence locales du Chêne-liège, particulièrement les facteurs édaphiques.

B. LES FACTEURS ÉDAPHIQUES.

Du point de vue des exigences du Chêne-liège en ce qui concerne le sol, il convient de distinguer deux grands groupes de facteurs écologiques :

— les uns sont absolument déterminants ;

— les autres ne font qu'introduire des nuances de densité, de rapidité de croissance et de vigueur des individus à l'intérieur des subéraies.

1. Les facteurs édaphiques déterminants.

Il s'agit de facteurs « négatifs » qui empêchent littéralement l'implantation du Chêne-liège.

a. Le Chêne-liège est une espèce calcifuge.

Le Chêne-liège ne supporte pas la présence d'ions Ca^{++} libres dans le sol. Il est donc éliminé des régions d'affleurements calcaires et dolomitiques, même si par ailleurs le climat de ces régions lui était favorable. Ainsi, le Chêne-liège n'existe pas sur les plateaux les moins élevés du Moyen Atlas occidental, où il est remplacé par le Chêne vert, espèce indifférente à la nature des sols. De même le Chêne-liège n'existe pas sur une bonne partie des plateaux zaër où affleurent des grès calcaires miocènes, et sur les dunes ou sols calcaires de la région de Larache.

Espèce calcifuge, le Chêne-liège n'existe que sur les sols acides, siliceux.

b. Le Chêne-liège fuit les sols uniquement argileux.

En effet, dans les sols trop compacts, le jeune plant de Chêne-liège ne peut développer son système radiculaire, particulièrement ses racines traçantes. D'autre part, les argiles ont un grand pouvoir de rétention, c'est-à-dire qu'elles cèdent difficilement leur eau aux plantes ; autrement dit, un sol très argileux équivaut pour le Chêne-liège à un milieu sec.

Ainsi, le Chêne-liège n'existe pas sur les tirs (sols très argileux noirs) du Rharb et du bas Loukkos, même là où les conditions climatiques lui sont théoriquement favorables. De même, le Chêne-liège n'apparaît pas sur les affleurements d'argiles triasiques des pays chaouïa, zaër et zemmour, non plus que sur la corniche occidentale du Moyen Atlas, où affleurent les mêmes argiles triasiques.

A l'intérieur de l'aire climatique possible — le Nord-Ouest du Maroc — le Chêne-liège n'existe donc pas sur les sols calcaires et argileux ; il se cantonne dans les régions de roches acides, siliceuses, et sur des sols de texture assez grossière comportant toujours une certaine proportion de sable. Mais dans ces régions, des facteurs édaphiques secondaires, plus fins, interviennent pour régler la densité et la vigueur des peuplements.

2. Les facteurs édaphiques secondaires.

Ces facteurs nous sont connus surtout grâce aux recherches de B. Lepoutre poursuivies des années durant dans la forêt de la Mamora et portant sur des expériences de semis artificiels de Chêne-liège.

En Mamora, tous les sols sont constitués sur des formations quaternaires et présentent la succession suivante, de haut en bas :

— horizon sableux ;

— horizon argileux.

Mais, selon les localités et la situation topographique, ces deux horizons ont une épaisseur différente. En particulier, deux cas sont à distinguer :

a. Sols à horizons sableux profond, dont voici un exemple ; de haut en bas :

— sables beiges essentiellement siliceux, 1 à 2 m ;

— sables rouges } contiennent des colloïdes et de l'oxyde de

— sables gris } fer ;

— argiles rouges.

b. Sols à horizon sableux peu épais, dont voici un exemple ; de haut en bas :

— sable beige, 50 cm ;

— argile rouge.

Or, les sables retiennent mal l'eau et sont rapidement desséchés en raison de l'évaporation estivale, et cette dessiccation est d'autant plus rapide que l'horizon sableux est plus mince. Au contraire, l'horizon argileux constitue la principale ressource hydrique pour la végétation, puisque l'argile a un fort pouvoir de rétention de l'eau et retient ainsi l'eau infiltrée durant la saison des pluies à partir de la surface sableuse.

Mais alors, tout dépend de la manière dont les racines des Chênes-liège pourront exploiter ces ressources hydriques situées à des profondeurs inégales selon les types de sols.

Le système radiculaire du Chêne-liège comporte deux types de racines :

— un pivot puissant pouvant pénétrer les argiles d'une part, et se ramifier jusqu'à 4 m de profondeur, d'autre part ;

— des racines latérales et un chevelu de racines secondaires issues de ces racines latérales ; ce dernier système se développe essentiellement dans les 50 premiers centimètres du sol.

Pour qu'un Chêne-liège croisse dans de bonnes conditions, il faut donc qu'à la fois les horizons superficiels du sol soient meubles, permettant ainsi l'ancrage des racines latérales, et que les horizons inférieurs du sol soient argileux, alimentant en eau et en matière minérale le pivot et ses racines adventives, particulièrement durant la période sèche estivale.

Ces exigences sont surtout importantes lors de la croissance des semis. En effet, si le jeune plant qui pousse à partir du printemps n'a pas fait pénétrer sa racine-pivot dans les argiles dès le début de l'été, il se trouve alors dans un milieu sec dès le mois de juillet et risque de mourir. Si au contraire ses racines ont traversé un horizon sableux superficiel peu profond et pénétré l'argile, l'alimentation en eau de la pousse est assurée durant l'été, et le jeune plant peut survivre en attendant la prochaine saison des pluies hivernales. En règle générale, les jeunes plants ne se développent que sur des sols comportant un horizon sableux superficiel épais de 2 m au plus (Pl. C).

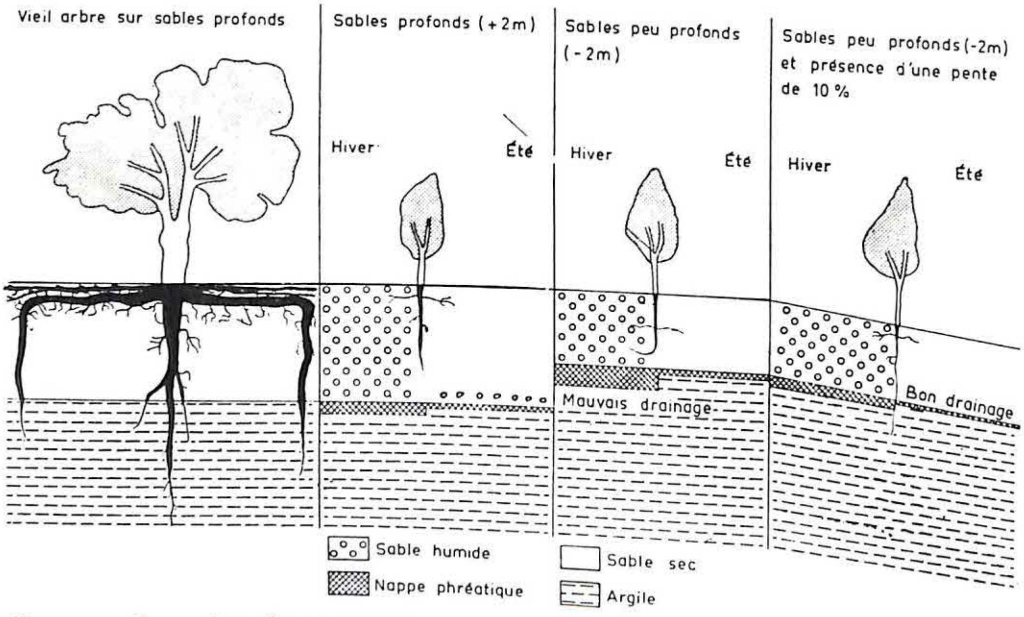


PLANCHE C. — LE DÉVELOPPEMENT DES SEMIS DE CHÊNE-LIÈGE ET LES FACTEURS ÉDAPHIQUES.

Toutefois, même quand cet horizon sableux n'excède pas 2 m d'épaisseur, la croissance du semis de Chêne-liège n'est pas assurée pour autant. Alors, les conditions topographiques se révèlent déterminantes. Sur les surfaces planes et mal drainées, une nappe phréatique s'établit en hiver au contact des sables et des argiles. Elle entraîne l'asphyxie du pivot radiculaire et les nouvelles racines qui le remplacent cessent de croître en profondeur : elles se courbent et se développent horizontalement.

Ainsi dès que la nappe phréatique disparaît, le système radiculaire se trouve subitement au sec. Le jeune plant ne peut alors résister à la sécheresse qui succède aux conditions hivernales.

La nappe phréatique interdit donc l'enracinement du semis dans l'argile et est responsable de sa disparition pendant la saison estivale.

Pendant l'hiver, les plantes présentent souvent un arrêt de végétation ; l'excès d'eau dans le sol semble être beaucoup plus en cause que la baisse de température à ce moment là.

Au contraire, sur les pentes, la nappe phréatique établie au niveau du contact sable-argile est rapidement drainée après les pluies et les racines que ne menace plus l'asphyxie peuvent pénétrer dans l'argile, ce qui assurer la survie du jeune plant en été.

Autrement dit, les conditions édaphiques déterminantes étant réalisées — sols argilo-sableux non calcaires —, les jeunes plants ne poussent que si l'horizon sableux superficiel a moins de 2 m d'épaisseur et si la topographie est déclive, entraînant une alimentation en eau modérée. Ainsi, en Mamora, les creux souvent inondés en hiver par des dayas, n'abritent qu'une subéraie claire, sans régénération notable : les sables accumulés par le ruissellement sont épais et mal drainés. Par contre, la subéraie est plus dense et sa régénération mieux assurée sur les bosses intermédiaires où les argiles sont plus proches de la surface et les sols mieux drainés (fig. 5).

Nous voyons donc que dans les conditions climatiques méditerranéennes actuelles la régénération artificielle du semis de Chêne-liège est difficile puisqu'elle nécessite la conjugaison précise de facteurs de drainage et de sol.

D'ailleurs, il est facile dans une subéraie comme la Mamora de reconnaître les espaces propices ou peu favorables à la croissance du Chêne-liège, car des plantes indicatrices signalent les différents milieux édaphiques :

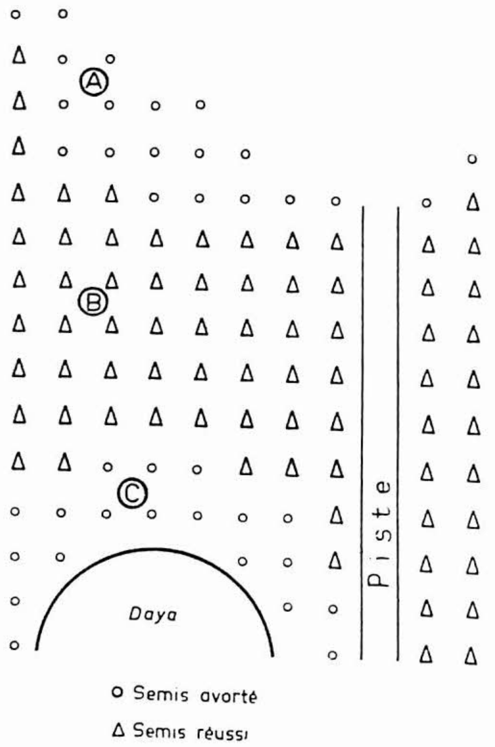


Fig. 5 — Essais de régénération artificielle des semis de Chêne-liège sur la parcelle A IV 4, près de la daya Zader, en forêt de Mamora (d'après B. Lepoutre).
En A et C, échec des semis : l'épaisseur des sables dépasse 3 m en A ; en B, semis réussis (plants atteignant 2 m au bout de 2 ans) : l'épaisseur des sables n'atteint pas 2 m.

— sur les sols à horizon sableux peu épais : *Chamaerops humilis* et *Cistus salviifolius ;*

— sur les sols suffisamment humides et normalement drainés : *Genista linifolia ;*

— sols à excès d'humidité hivernale : *Thymelaea lythroïdes* (fréquent autour des dayas) et *Pirus mamorensis* (poirier de la Mamora), la seule espèce arborée de la Mamora en dehors du Chêne-liège.

Cependant, les conditions édaphiques actuelles, si elles expliquent le succès ou l'échec des semis, ne rendent pas entièrement compte de la répartition des vieux Chênes-liège. Ainsi, il existe en Mamora occidentale de vieux arbres sur des sols sableux profonds où, actuellement, tous les semis échouent. Inversement, certaines stations sont dépourvues d'arbres alors que les semis réussissent sur des topographies « humides ». Si les Chênes-liège ont pu s'installer il y a deux siècles sur des sols sableux profonds, il faut alors admettre que les conditions climatiques de l'époque étaient différentes, que la pluviosité était supérieure. Il y aurait donc eu variation du climat dans le sens de la sécheresse ou tout au moins regroupement des précipitations hivernales.

A l'intérieur de l'aire bioclimatique qui lui est favorable — le Maroc du NW à l'exclusion des cuvettes les plus arides —, le Chêne-liège ne peut donc exister et se reproduire que dans des conditions édaphiques particulières, ce qui limite encore son extension.

C. LES FACTEURS BIOTIQUES.

Les rapports des peuplements de Chênes-liège avec les autres êtres vivants doivent être envisagés de trois points de vue :

— le Chêne-liège et la concurrence des autres espèces végétales spontanées ;
— le Chêne-liège et les troupeaux ;
— le Chêne-liège et l'action directe de l'homme.

1. La concurrence végétale.

Les conditions climatiques et édaphiques favorables étant réunies, le Chêne-liège est cependant parfois concurrencé par d'autres espèces végétales, particulièrement lorsque son enracinement trouve à faible profondeur l'obstacle d'horizons compacts. Ainsi, dans les secteurs de la Mamora où les argiles rouges sont très proches de la surface, l'Oléastre et le Lentisque remplacent le Chêne-liège. De même, sur les dalles de granite d'Oulmès à peine voilées d'arènes, le Chêne vert, plus fruste, se substitue au Chêne-liège.

A l'inverse, le Chêne-liège, en raison de son enracinement superficiel très étendu, oppose une active concurrence radiculaire à tous les phanérogames du tapis végétal. En particulier, les vieux arbres au système radiculaire latéral démesurément développé, font littéralement le vide autour d'eux : il en résulte un peuplement de vieux individus très clairsemés, sans sous-bois et sans jeunes pousses. Ce caractère est remarquablement accusé dans les milieux relativement arides, où les vieux Chênes-liège peuvent alors se maintenir dans des conditions xériques, mais, dans les milieux plus humides, l'écartement d'arbres aussi vieux est moindre et les espèces de sous-bois peuvent s'introduire sous leur ombrage.

2. La subéraie et les troupeaux.

Si les troupeaux n'endommagent pas sérieusement les Chênes-liège adultes, ils modifient considérablement le sous-bois de la subéraie et nuisent au développement des jeunes pousses.

Les plantes fourragères du sous-bois, en particulier les graminées (dactyles, houques, fétuques, barbons...) sont broutées toute l'année et se reproduisent donc difficilement. Au contraire, d'autres plantes comme *Astragalus, Cistus* et des Monocotylédones (Asphodèles, Urginées, Scilles, Narcisses) ne sont pas appréciées par le troupeau. Aussi, le sous-bois de la subéraie est-il de plus en plus envahi par ces plantes non broutées qui exercent une concurrence efficace vis-à-vis des autres espèces de sous-bois.

D'autre part, les troupeaux empêchent le développement des jeunes plants de Chêne-liège, soit qu'ils piétinent les glands, soit surtout qu'ils broutent les jeunes pousses. Enfin, les feuilles mortes tombées au sol sont également broutées par les troupeaux lors des périodes sèches ; aussi, la litière végétale des sols est-elle très pauvre et la matière organique de ces sols fort peu abondante.

3. L'action de l'homme.

L'action de l'homme est parfois conservatrice, tendant à protéger les arbres et leur régénération. Il en va ainsi dans les marabouts où les interdits religieux ont souvent permis de préserver des îlots de peuplements végétaux originels, véritablement climaciques.

Mais c'est surtout le cas des mises en défens qui suivent toute exploitation forestière et permettent, si elles sont respectées, la régénérations du Chêne-liège.

Cependant, le plus souvent, l'action de l'homme est négative et aboutit à une véritable dégradation. Les populations riveraines peuvent saccager les boisements en arrachant des branches et des feuillages, ou encore en grattant les jeunes troncs pour y recueillir du tanin.

Le gland du Chêne-liège est un gland « doux », comestible ; il est également l'objet d'un ramassage systématique : un véritable marché du gland s'est établi sur les souks de Rabat et Kénitra.

D'autre part, l'exploitation du liège est parfois dangereuse pour l'arbre. Le démasclage, pratiqué en juin-juillet, durant la période de sève, aboutit à enlever au tronc sa protection naturelle et, par cette énorme blessure, l'arbre perd une quantité d'eau importante. Si l'opération survient en une période de fortes chaleurs, l'arbre peut littéralement dégénérer, surtout là où il se trouve aux limites de son aire, par exemple en Mamora orientale et dans la forêt de Ben Slimane.

D'autres traitements forestiers sont également dégradants. Il en est ainsi des éclaircies brutales : dans les forêts mixtes à Chêne-liège et Chêne-vert, les services des Eaux et Forêts pratiquent parfois l'élimination systématique du Chêne-vert et des espèces secondaires, par exemple dans le massif du Khatouat et à proximité d'Oulmès. Le Chêne-liège subit alors une véritable crise d'isolement traduisant les conséquences d'un climat local devenu plus aride en raison de l'élimination de l'ombrage des plantes compagnes.

Enfin, l'action de l'homme peut être radicale, soit par l'incendie, soit par défrichement total. Autrefois, incendies et défrichements ont dû être importants, si bien qu'aujourd'hui il est difficile de reconstituer exactement la limite des peuplements climaciques ayant existé (1).

Lycée Lalla Aïcha
Rabat.

---

(1) Afin d'illustrer ce texte, il est possible de consulter au Centre de Documentation du Lycée Moulay Youssef (Rabat) un album de photographies relatives au Chêne-liège, et d'obtenir les négatifs correspondants pour d'éventuelles reproductions.

A pedagogical test intended for natural history classes :

The Cork-Oak and its medium

C. Beaudet
(Summary)

Are successively studied :

I. The characteristics of the Cork-Oak (Quercus suber).

II. Its exploitation.

III. The places where forests of Cork-Oak are found :

- a) The climatic conditions : temperature, precipitations (rain, snow, fog), wind, bioclimatic conditions ;
- b) The edaphic conditions (the Cork-Oak belongs to the calciferous species ; it does not grow in soils containing clay exclusively.
- c) The biotic conditions (action of plants, action of herds, direct action of man).

Un ensayo pedagógico destinado a las clases de Ciencias naturales :

El Alcornoque y su medio

C. Beaudet
(Resumen)

Se estudia sucesivamente :

I. Las características del Alcornoque (Quercus suber).

II. Su explotación.

III. La localisazión de los bosques de Alcornoques :

- a) Los factores climáticos : temperaturas, precipitaciones (lluvia, nieve, nieblas), vientos, factores bioclimáticos.
- b) Los factores edáficos (el Alcornoque es una especie calcíjoba. Sólo teme a los suelos arcillosos).
- c) Los factores bioticos (competencia vegetal, acción de las manadas y acción directa del hombre).

Extrait des *Annales de la nutrition et de l'alimentation* (Dakar), vol. XI, nº 6, 1957, p. 99-102

LE BAOBAB, ARBRE PROVIDENCE DE L'AFRICAIN

par

J. Toury, P. Lunven, R. Giorgi et M. Jacquesson

(Laboratoire de Biologie de l'Organisme,
de Recherches sur l'Alimentation et la
Nutrition Africaine, Dakar)

Le Baobab (*Adansonia Digitata* Bombacacées) est répandu dans toute l'Afrique sèche ; au Sénégal il est particulièrement abondant dans la Presqu'Ile du Cap-Vert où il se présente soit isolé, soit en petits peuplements assez denses.

Cet arbre au tronc énorme et aux branches courtes présentant un aspect grotesque en saison sèche, se couvrant rapidement, dès les premières pluies, d'un feuillage vert et abondant, constitue du point de vue alimentaire une véritable providence pour l'Africain de brousse, lui fournissant feuilles et fruits au moment critique de la période de soudure.

- LES FEUILLES -

Fraîches, elles sont assez riches en vitamine C; malheureusement elles ne sont pas utilisées sous cette forme, mais seulement après dessication au soleil et pulvérisation ; la poudre verte obtenue entre dans la préparation du couscous comme liant au cours de la cuisson et atteint le dixième du poids total.

Les résultats des analyses que nous avons effectuées sont consignés dans le tableau suivant :

		numéro de l'écnantillon	
		1	2
I - FEUILLES FRAICHES			
Humidité	(en gr.%)	77,1	76,5
Cendres	"	2,48	2,84
Protides	"	3,8	5,4
Lipides	"	0,14	0,20
Calcium	"	343	180
Phosphore	"	55	80
Vitamine C	"	38	53

II- POUDRE DE FEUILLES SECHEES (Lalo)	numéro de l'échantillon	
	1	2
Humidité (en gr.%)	12,3	9,69
Cendres "	9,4	7,97
Protides "	12,9	12
Lipides "	2,34	2,21
Calcium "	1756	1333
Phosphore "	289	266
Vitamine C "	traces	traces

C'est sous cette dernière forme que sont consommées les feuilles ; si la vitamine C disparaît au cours de la dessication, par contre le produit est particulièrement riche en calcium et sa consommation quotidienne dans le couscous constitue un apport protidique non négligeable ; nous avons relevé des consommations journalières de 35 grammes dans le Canton de Popenguine et de 48 grammes dans le Canton de Mont-Rolland, donc, à lui seul "le lalo" couvre une grande partie des besoins en calcium d'une ration où les aliments de base en apportent très peu. Les acides aminés de la feuille de baobab présentent un équilibre satisfaisant ; le facteur limitant est la méthionine, son déficit par rapport aux protéines de l'oeuf n'est que de 9,2 %, la teneur en lysine est élevée (1).

- LES FRUITS -

Les fruits se présentent sous la forme de masses ovoïdes à enveloppe dure, pouvant atteindre 30 cm et pendant au bout d'un long pédoncule ; ce sont les pains de singe ; à l'intérieur on trouve une pulpe blanche farineuse acidulée contenant de nombreuses graines noires.

Cette pulpe est vendue sur tous les marchés de Dakar et consommée partout en brousse, où les paysans l'entreposent dans leurs greniers. On l'utilise soit en nature, soit délayée dans l'eau pour accompagner la bouillie de Mil.

- ANALYSE DE LA PULPE DE PAIN DE SINGE -

		numéro de l'échantillon		
		1	2	3
Humidité	(en gr.%)	18,5	33,8	17,9
Cendres	"	3,23	3,3	3,38
Matières protidiques	"	2,15	1,44	1,93
Lipides	"	0,25	0,69	0,06
Glucides facil.hydrol.	"	40,9	29,5	43,8
Calcium	"	156	173	335
Phosphore	"	361	60	147
Vitamine C	"	38	201	181
Vitamine B 1	"	0,34	1	0,8

S'il est pauvre en matières protéiques, le pain de singe constitue par contre pour l'Africain une source appréciable de calcium et de vitamine B 1 et lorsqu'il est consommé cru, de vitamine C; la teneur en vitamine C est évidemment fonction de la durée et des conditions de stockage de la pulpe.

Les graines présentent une coque noire dure difficile à séparer de l'amande et renfermant une huile comestible ; si elles ne sont guère employées au Sénégal, elles sont consommées dans d'autres régions d'Afrique, soit grillées, soit sous forme de bouillie en mélange avec de la farine de Mil.

- ANALYSE DE LA GRAINE DE BAOBAB -

Humidité	(en gr.%)	7,38
Cendres	"	8,40
Protides	"	35,1
Lipides	"	29,1
Calcium	"	267
Phosphore	"	1367
Vitamine B 1	"	1,8

D'une valeur énergétique très élevée, leur teneur en protéines les place au premier rang des plantes africaines avec les graines de néré (Parkia Biglobosa); en outre d'après les résultats donnés par BUSSON et PÉRISSÉ (2) le déficit de ces protéines en lysine est moins accentué que chez l'Arachide.

Enfin, le fait le plus remarquable chez ces graines est leur richesse en vitamine B 1, plus de deux fois supérieure à celle de l'Arachide, et dépassant même celle du son de Riz ; ainsi elles se placeraient immédiatement après la levure comme source de thiamine ; on voit donc tout l'intérêt que présenterait la consommation de ces graines par l'Africain au régime hyperglucidique et toujours déficient en protéines ; 100 grammes de graines de Baobab couvrent environ la moitié des besoins en protéines de l'adulte et ses besoins en thiamine. Délipidées, elles pourraient fournir une farine renfermant 50 % de protéines.

En conclusion, le baobab apporte en abondance à l'Africain, calcium (feuilles sèches et pain de singe), vitamine C (pain de singe), protéines et vitamines B 1.

Si la poudre de feuilles et le pain de singe sont largement utilisés, par contre la graine est délaissée, tout au moins au Sénégal, peut-être en raison de la dureté de la coque qui l'entoure, et on ne peut que regretter l'inutilisation d'un produit riche en éléments nutritifs et en vitamine B 1.

(1) BUSSON F., TOURY J., et DENIEL P.- Composition en acides aminés des feuilles et de la pulpe de fruit de Baobab - A paraître.

(2) BUSSON F., PÉRISSÉ J., ROLLAND M. et MEAL H.- Sur la composition des protides des graines de Baobab - Médecine Tropicale - n°3 - Juin 1957 - p.437.

The Baobab, a providential tree in Africa

J. Toury, P. Lunven, R. Giorgi and M. Jacquesson

(Summary)

The leaves and fruits of the Baobab contain nutritive elements, the importance of which is undervalued in African nutrition, so that it is a good thing to draw the pupils' and adults' attention to these elements.

El Baobab, arbol providencial del Africano

J. Toury, P. Lunven, R. Giorgi y M. Jacquesson

(Resumen)

Las hojas y frutas encierran principios nutritivos cuya importancia es tenida en menos en la alimentación africana, y sobre los cuales es conveniente llamar la atención de los alumnos y de los adultos.

4
Local developments

4
Réalisations locales

Reprinted from *Journal of biological education*, vol. 3, 1969, p. 271-282

A-level Biology in West Africa: A New Syllabus

D. W. EWER
University of Ghana

1. Introduction

At a time when curricular revision in biology is the general order of the day, it is only natural that the influence of new ideas should find particularly lively response in the developing countries whose major scientific problems are, and are likely to remain for many years, biological. These problems lie especially in agriculture and public health and require that the emphasis in biological education should be different from that found in the developed countries. It is neither feasible nor desirable simply to take ideas elaborated in the latter and transplant them into a totally different situation.

An opportunity to make a reappraisal of the form and content of biological teaching presented itself for the English-speaking countries of West Africa early in 1965, when it was necessary to elaborate a new sixth-form syllabus for biology. The present article discusses some of the thinking which has been incorporated in the new syllabus, and some of the problems which it presents. In 1965 what was proposed appeared to many people as alarming and revolutionary. Today it may well seem commonplace and even conservative.

Secondary-school education in English-speaking West Africa is organized, both for historical and for practical reasons, upon the pattern found in England and Wales. There are Ordinary-Level examinations and Advanced-Level or Higher School Certificate examinations. Until fairly recently these were set and marked by either the London or the Cambridge Examining Boards. The West African Examinations Council, which administers all public examinations in the Gambia, Sierra Leone, Ghana and Nigeria, took over the complete conduct of O-level examinations some years ago. The Council is now starting gradually to replace London and Cambridge A-level and H.S.C. examinations by papers of its own.

The decision to have West African sixth-form examinations aroused the interest of several of the science departments in the universities and they have, in many cases, played a leading role in the framing of new syllabuses. The opportunity to give the syllabus a "New Look" was taken in the hope, not only that it might be possible to cut away a quantity of dead wood, but that it might be possible to frame syllabuses and examination procedures which would break down the very passive attitude towards science which characterizes so many West African school children. For them science too often is not a practical or an intellectual activity but rather a body of information to be mastered, with greater or less understanding, to an extent sufficient to satisfy the examiners.

2. The Pupil's Background—O-level Biology

Logically any syllubus revision should undoubtedly proceed from the bottom upwards. In the circumstances prevailing at the time when a new sixth-form biology syllabus was required, it was not feasible to undertake a revision of the O-level biology syllabus as well. It is, however, pertinent to consider briefly the background with which O-level biology provides the new recruit into the sixth-form. The present West African O-level biology syllabus was drafted several years ago on what were essentially orthodox lines. It provides some review of the plant and animal kingdom, of structure and function in a flowering plant and a mammal and a treatment of various animals of importance in public health in West Africa. It has been the subject of a recent interesting study by Nwana (1967) in which the views of teachers in Nigeria upon the importance of different topics within this syllabus were assessed. Two criteria were used. The one was that of the practical experience of teaching; where *did* the main effort in the classroom actually lie? This is presumably partly a reflection of the difficulty presented by certain parts of the syllabus; but it must also strongly reflect opinions of the teachers as to the importance placed by the examiners on particular topics in the syllabus. The second criterion was the teachers' own opinion of the importance of the different topics in the syllabus; where *should* the main emphasis in the classroom lie? A comparison of these two lists of priority is of considerable interest. Looking only at the zoological side of the matter, the teachers thought that the mosquito deserved number one priority, followed by items of human physiology together with the housefly. The effort in the classroom followed a rather similar pattern, but there were some interesting differences. Thus, while the teachers themselves would have laid stress upon diet and reproduction, these gave pride of place in teaching to temperature regulation and the skeleton; similarly the study of the protozoa was given more attention than the housefly or tse-tse fly.

From Nwana's analysis it appears that, in general, the O-level syllabus, the teaching and the examination are serving a socially useful purpose in telling the pupils something about themselves, about the problems of health in the communities in which they live and about the organisms around them.

When, however, we turn from the purely informative aspect to the scientific content of this syllabus we find a very different picture. It contains two categorical negatives. The one states that "no questions will be set on evolution" and the other that "no questions will be set on the laws of inheritance". The syllabus does include a brief section upon ecology. The teacher may, however, remain assured that nothing serious is meant, for the "Notes" upon the syllabus inform him that "when a question on this section is set, there will be a sufficient number of questions in the paper to allow candidates . . . a good choice without answering the question upon ecology."

If evolution, genetics and ecology—in short the major theoretically concepts of biology—have all been virtually written off, one may well ask what does remain of scientific ideas in such a syllabus. The way in which Nwana's investigation was conducted put exclusive emphasis upon facts and upon opinions about the treatment of factual content. The value of the syllabus as a broader training in the nature of scientific activity and in the characteristics of scientific evidence was not examined, and there is no obvious indication that these considerations played any significant part in determining the content of the syllabus when it was first drawn up.

The sixth-form syllabus thus had to take as its starting point a background of factual information without theoretical foundation and lacking in any basic scientific outlook.

It may well be felt that any attempt at a major change in sixth-form biology teaching should not be attempted upon such rather uncertain foundations. As already stated, there were various purely administrative considerations which required immediate action at the sixth-form level at a time when changes at O-level could not be effected. But there are in fact many good reasons for believing that in West Africa it may be better to do the wrong thing and initiate changes in the content of the biology syllabuses in the most senior levels first.

Unlike the situation in England where schools are free to adopt or reject the new Nuffield courses as they see fit, a change of syllabus in West Africa will affect almost all secondary schools and, correspondingly, pose major problems in organizing refresher courses for teachers, in obtaining new equipment and in providing suitable text materials. It is easier to effect a revolution, however mild, if the numbers of teachers and classes involved is relatively small. At the same time the first "victims" of such a revolution will be those best able to cope with it, the most experienced or best trained teachers and the most advanced and generally brightest pupils.

Furthermore, since there was neither the time, the money nor the people to stage prolonged trial schemes, experience as to how best to put newer ideas into effect will largely have to be gained in the classroom itself. This experience should later prove of the greatest value both in reframing a new O-level syllabus and also in facilitating its subsequent introduction into the schools.

3. Framing the New Syllabus

Accepting this situation, the authors of the new biology syllabus were faced at the outset with the problem of deciding what they understood to be the content and form of biology. At that time, apart from already existing syllabuses, the important Report of the Gulbenkian Committee of the University of Birmingham (1959) and the three American Biological Science Curriculum Studies textbooks, there were no precedents to follow. Indeed, as far as formal syllabuses are concerned, this situation remains unchanged as neither the Nuffield nor B.S.C.S. courses have been set out in this particular fashion.

The traditional syllabus for biology in sixth-forms commonly has the pattern of listing seriatim, with suitable amplification, those activities normally set forth in the opening paragraphs of any classical textbook as the "characteristics of living organisms". Thus much of the syllabus is built up of sections under such headings as respiration, assimilation, irritability, excretion and so forth. This has, as a product, examination questions such as "Compare and contrast root hairs and intestinal villi". Such a concept of biology as a sort of permanent conflict between the plant and animal kingdoms appeared to have little to commend it.

In discussion four guiding principles emerged:

(a) that since the countries of West Africa are still almost exclusively agricultural, ecology must form the central theme to which everything should, as far as possible, relate.

(b) that the content of the course should be such that it suited the needs of pupils whose education, at least in biology, would go no further: that it should not be designed simply as a groundwork for further study at a university, nor include material whose *only* justification was the needs of university departments.

(c) that emphasis should be placed upon experimental investigation in practical work and upon the experimental evidence for the conclusions presented in class teaching.

(d) that emphasis should be laid upon a quantitative and analytical approach to the subject rather than a simple descriptive one.

4. The Syllabus

It may be objected that it is educationally undesirable to produce a syllabus which constrains teachers to adopt a particular viewpoint towards the material they have to present. Should one not rather set out a catalogue of items which should be covered and leave it to the teachers to determine for themselves the order of attack and the method of presentation? It can hardly be said that these freedoms are granted to the teacher by the careful structuring of the Nuffield O-level courses. The same problem also finds reflection in the B.S.C.S. textbooks.

While P.S.S.C. has been satisfied with a single textbook in physics and C.B.A. with one for chemistry, the founders of B.S.C.S. (doubtless good Mendelians all) have established the principle of a 3:1 ratio of biological textbooks to those in any other science. There is, however, a fundamental difference between the Blue and Green B.S.C.S. textbooks and the Nuffield O-level course. While both these B.S.C.S. texts attempt to present a particular, integrated view of biology, the Nuffield Course leaves it largely to the teacher to judge how best to knit into an integrated whole the various topics covered, how best to deal with such dramatic leaps in subject matter as occur, for example, in Volume IV, from kidney function to the behaviour of gulls.

In the discussion about the West African syllabus, opinion strongly favoured a fully integrated presentation, a teaching syllabus. It was felt that otherwise, in the hands of less experienced and often frequently changing teachers, the treatment would revert to being a disjointed catalogue of information which would provide an excellent basis for rote learning. If in the sophisticated educational situation in the United States it had been considered profitable educationally to provide courses which have pre-set emphases, there was certainly as great a need in West Africa.

If it is accepted that ecology is to be the major theme, how is this to be brought about? The syllabus starts with the food web and its implications as a central concept from which other ideas may be pursued in depth. Broadly these are as follows:

(i) If there are producers and consumers, how do they carry out their "ecological functions"? This question leads to a detailed consideration of form and function in a flowering plant as an example of a producer, and of a herbivorous mammal as a consumer.

(ii) There is a vast diversity of organisms found in different food webs. Can any order be introduced into this diversity?

(iii) These producers and consumers may live in very different types of environment such as the seas or the land. What particular problems does life in such environments pose?

(iv) A study of food webs leads to the idea of the pyramid of numbers. What are the factors which influence and control the numbers of organisms?

(v) The individual types of organisms which make up a food web vary from place to place. What factors determine the distribution of organisms?

(vi) Where does man stand in a food web? How far is he too influenced in numbers and distribution by those factors which act on other organisms? Since his activities alter his environment, what effects do they have both on him and on other organisms?

(vii) Detailed examination of particular organisms shows them to be variable. What are the mechanisms which govern this variability?

(viii) What consequences might spring from the fact that there is variability of organisms and also both changing environments and extensive destruction of individuals? Are there observations which support our conclusion? Does the conclusion cast any light upon the problems discussed earlier?

These ideas certainly lay no claim to originality, but they serve to illustrate what is implied by deliberately trying to build a syllabus around a major theme. The detailed issues call for comment.

First, the treatment of the flowering plant and the herbivorous mammal. This involves the intensive study of two types and raises the question of whether a comparative treatment based upon a series of functional categories such as digestion, metabolism, excretion and so on might not be more desirable.

It seemed to the authors of the syllabus that the central issue was as follows: if the pupil wanders through a maze of generalities comparing, say, the respiration of a plant with that of a locust, a dogfish and a mouse and presently turns to a study of growth illustrated by examples based upon bacteria, planarians, blowflies and dandelions, does he ever form a picture of an organism as an integrated whole, as something whose whole structure and functioning relate in an integrated fashion to the day-to-day processes of feeding and surviving? It appeared to be more profitable, if organisms were to be considered as units in an ecological complex, to emphasize at the outset this integration and leave the study of some of the variations upon the theme until later.

This in its turn raises the misgiving as to whether this is not simply reinstating the old type system, with its emphasis upon anatomical detail. The anatomical excesses of the traditional type system stemmed from its orientation towards comparative anatomy. The present approach is different. It calls for the flowering plant to be studied, not as a representative of the Angiosperms, but as a primary producer, a photosynthetic machine. Similarly the mammal is to be looked at neither as a high light of vertebrate evolution nor as a mannikin, but as consumer and energy transformer.

This has several consequences. Anatomy becomes important only in so far as it throws light upon function; as a result much traditional detail can be shed. Second, because function now occupies the centre of the stage, it is possible to put a far greater emphasis upon the experimental methods which have led to particular conclusions. Finally, and at first perhaps disconcertingly, this approach means that the study of reproduction in both plants and animals is treated elsewhere since it is not immediately concerned with the processes of energy transformation which are being stressed.

If this approach proves successful it is to be hoped that the pupils will come to look upon organisms as entities whose functions do not exist in an abstract world of physiology, but relate to the total environment in which they live and that they will also come to appreciate that in the case of animals, their behaviour is an integral part of adaptation. This may later ensure that there will be fewer people who forget, in the interpretation of their results, that the tissue or the tissue extract they are studying came originally from an integrated organism or that the behaviour pattern they are reducing to quantitative parameters has immediate relation to the normal needs of the animal concerned.

The second problem which arises is the treatment of the diversity of organisms. The authors of the syllabus have stressed that in their view, while pupils must have a knowledge of the major taxa of plants and animals, this should be something which reflects the needs of the field worker, not the comparative anatomist. Preferably knowledge of classification should come from collections made by the pupils themselves. This view springs from the belief that the idea of what an insect is comes better from studying a large number of different insects and appreciating that they do have certain common features, than from the more didactic procedure of studying a single species intensively. This has been the subject of criticism, and of course any teacher who feels this approach to be wrong is free to proceed in the traditional way. In practical terms what the examiners require is an ability to assign specimens to their major taxonomic groupings, giving as reasons externally observable characteristics. They are thus not concerned with ventral nerve cords, haemocoels, notochords and other anatomical characteristics in the armoury of comparative anatomy.

The third topic is a consideration of the major types of environment—the seas, the freshwaters and the land—and the various special problems they present. Curiously, of all sections of the syllabus, this has excited no particular comment and yet it would appear to present the greatest difficulty as many of the questions treated appear abstract since they are not easily studied in a school laboratory. This absence of criticism may reflect the fact that the subject matter looks familiar and one can but hope that this does not imply that it will be treated in too didactic a fashion.

We then turn to the central question of the numbers and distribution of organisms; to the concepts of autecology, of communities and of an ecosystem, including a study of the soil, as well as the presentation of some elementary ideas about population structure and population dynamics. These various ideas are subsequently used to develop an understanding of human ecology, of human productivity and of the special ecological consequences of agriculture and the aggregation of people into towns and cities.

The introduction of these relatively simple ecological ideas has led to a wide range of reactions varying from mild malaise to total condemnation. We have indeed been assured by one assessor of an overseas Examining Board that ecology is such an abstruse, maybe almost occult, branch of biology that it is never studied until the final year of any university course and that to introduce such a subject into the schools could lead only to disaster. To many teachers, ecology conjures up a picture of numerous field trips to examine different habitats; there one will draw up lists of the plants and animals to be found and then, well pleased with a hard afternoon's work, return home once again. This view of ecology leads to the opinion that it is impossible to study unless there are adequate floras and keys to all the animals that one might find, a requirement which, of course, cannot be met in the tropics.

But all this is to mistake the aim, which is to bring the pupils to recognize, as far as possible by their own observations, that certain types of relation exist in the world around them and, equally important, that these things are open to study by experiment. This can be achieved successfully by practical work both in the area immediately around the school and by laboratory models.

In fact it is in ecological work of this kind that the nature of science as investigation can most easily be exemplified. Inevitably there is an air of the artificial if one asks a pupil to "investigate" some point in plant or animal physiology which has already been thoroughly investigated by far more sophisticated techniques than are available in a school laboratory. The artificiality which can arise from this sort of outlook is well illustrated by a recent practical manual with a "problem solving" orientation. I turned with especial interest to the section upon the skeleton to discover that, in essence, the "problem" here posed was to remember the names of the different bones. But this difficulty does not arise with ecological studies of the kind envisaged.

From the viewpoint of the teacher there is, however, another sort of difficulty which certainly had not been foreseen. In a recent refresher course I had a laboratory culture of woodlice; our ignorance of Ghanaian woodlice is, as far as I can ascertain, complete. I pointed out a number of simple problems about them which one could try to solve. A teacher immediately asked what one did once the answers had been found. I produced some more questions, stemming from the first. This was received with the comment that such an approach seemed unprofitable if one question simply led to another. This attitude seems neatly to reflect the difference between science as an activity and science as a school subject; ecology, in the sense developed within this syllabus, may serve to bridge the gap. Indeed, sociologically, it is unquestionably of the utmost importance to bring the pupils to understand that they themselves can investigate, understand and thereby control the biological world around them.

In the final sections of the syllabus, the problem of heredity is approached from a study of variation, while evolution is presented as a consequence of this, when seen in conjunction with the ideas about population ecology developed earlier. In this way it is hoped that the pupil will see that an evolutionary process is "written in" to the nature of the biological world; that the idea of evolution is not an abstraction suddenly invoked to explain the facts of comparative anatomy and totally independent of experience.

The section dealing with genetics introduces the nucleic acids. This also has been a matter of severe criticism. It is urged that contemporary ideas about the chemical nature of the gene, its mode of action and the mechanism of protein synthesis are another occult aspect of biology, comprehensible only to those who have been initiated in the full mysteries of an honours degree in chemistry and in any case of doubtful validity since they have been put forward only within the last decade or so.

Formally it is doubtless shockingly unscientific to write thymine as T or adenine as A, to neglect perhaps completely the helical structure of DNA and so forth. One might even picture the regrets of the examiner committed to the educational value of simple recall that he cannot set a question asking for the codons of ten *named* amino acids. But the basic ideas are not difficult to grasp and, once grasped, they disperse the mystery which surrounds the traditional treatment of genetics. It is possible to attach some concrete meaning to terms such as dominance, recessiveness and mutation. Further, with a little thought, it is possible to select a small range of critical experiments to show the type of evidence forming the basis for the ideas that are put forward. Certainly there are dangers in introducing any but the very simplest chemistry into a biology syllabus. But these dangers stem not from any intellectual obscurity, but from the worship of information as an end in itself. There is no virtue in throwing away the old mnemonic about opticians as a guide to the cranial nerves of the dogfish, if it is to be replaced by some newer jingle, running perhaps "Cheerful idiots often kick . . .", to help the flagging memory around the tricarboxylic acid cycle.

Finally the question arises as to what has been discarded. First, the greater part of comparative anatomy: certain of its conclusions must be reviewed briefly in the discussion of evolution, but the extensive treatment which this facet of the subject received in the past is clearly impossible. Connected closely with this is the discarding of the bulk of traditional descriptive embryology, but the special problems of mammalian development are considered in relation to reproduction upon land. Opinions will differ about the correctness of this decision: the view adopted was that a meaningful scientific treatment of comparative anatomy and embryology in fact requires a far more detailed consideration than they have been afforded at A-level and they are subjects better considered at a university. Lastly, in a final vicious pruning, it was found necessary to discard much that desirably might have been included about animal behaviour.

5. Examinations

It is often said that there are no problem children, only problem parents. There is a case also to be made for suggesting that there are no bad syllabuses, only bad examinations and since it is the examinations which, particularly in developing countries, set the tone of the teaching, their form and content is a key to educational progress.

It would indeed be an interesting, if not an especially rewarding, academic exercise to trace the evolutionary history of public examinations in science.

One cannot avoid the impression that the marked bias towards simple recall of factual information stems from having originally taken the then-existing pattern of examinations in the humanities as a model. But perhaps from the beginning there was a worship of objectivity. This is certainly suggested by some of the fascinating, the truly lyrical questions set by Professor Grant of University College in the middle of the last century and recently brought back to light by Richard Freeman. Who could fail to recognize the intellectual grandfather of the objective test in a question running over 25 lines and starting:

> "*Describe the means of respiration possessed by the sarcodous protozoa, porifera and foraminifera, and the course of the internal ciliary currents in the higher radiata. Has any similarity of type been yet discovered between the circulating and respiratory organs of bryozoic or polyzoic keratophytes and the structure of these parts in the tunicated or other molluscous class? What connection has the sanguiferous system with the pulmonary sacs of the earthworm and the branchial tufts of sabellaria . . .?*"

In drafting the new A-level syllabus, it was necessary to prepare specimen examination papers. In doing this the initiating committee felt it could not stray too far from the familiar path and be certain that its proposals would be accepted. Since these examinations would have to be written by all A-level candidates, too drastic a change of method might lead, not only to great resistence, but also to hardship. The situation is different where schools are free to follow either an orthodox or some newer pattern of examination. The result is therefore that the changes made are more in emphasis than in form. There are two written papers. The first follows the conventional lines of essay-type questions with a fairly wide choice. Most of these would probably be reasonably categorized as "simple recall". But wherever possible the questions require the candidate to produce an account of the evidence upon which his statements are based or to set forth some argument logically. This is of cardinal importance. In the marking of a straight descriptive account, should the candidate write xylem instead of phloem, kidney in place of liver, it may well be just a momentary abberation and he is penalized only by the loss of a mark or two. But if the candidate is called upon to set out the experimental evidence upon which his conclusion is based, experience suggests that it is far easier to distinguish between the candidates who understand and the candidates who do not. The latter almost invariably show their lack of comprehension in their answers by a lack of logical construction or by patently ridiculous statements. It is hoped that the A-level examiners will take advantage of this situation and so harden their hearts that candidates who show such lack of understanding are not given the benefit of the doubt. Only in this way can it be brought back to the schools that ill-digested, disorganized facts are not acceptable, that clear thinking and clear expression are essential qualities required for success.

The second paper contains one compulsory question which presents numerical experimental data of some type from which the candidate is required to extract information so as to answer certain specific questions, while a final "open-ended" question asks, effectively, "What would you do next?" This idea was suggested several years ago by the Birmingham Gulbenkian Committee.

The remaining questions on the paper are either short problems, involving simple numerical manipulations, questions asking the candidate to suggest ways in which he might study some particular matter and questions asking him to suggest a hypothesis to account for certain observations and propose experimental or observational checks to test the validity of his suggestion.

Only experience will show whether these ideas are successful. It might have been desirable to have included a "set book" of essays or articles of interest from which questions could be drawn, so that some freshness could be guaranteed by regularly changing the works concerned. But, with present uncertainties of delivery of books to schools, this would not be acceptable.

The practical examination poses serious problems. This must be retained as it is the sole sanction which can ensure that any practical work will in fact be undertaken in some schools. It would unquestionably be highly desirable to require a report upon a minor investigation undertaken by the pupil himself, backed perhaps by other evidence of practical activity such as collections and preparations. Such ideas present great difficulties, as it becomes hard to assess who actually did the work submitted, and teachers anxious for examination successes might not always be able to resist the temptation of giving such undertakings a disproportionate benefit of their own skills.

An alternative solution, which would ensure flexibility in such examinations, would be to hold them at university centres. But the logistic problems, with scattered schools, often several hundred miles from a university, makes this impossible. The problem has not been solved and it can only be hoped that the inventiveness of the examiners will prevent the development of too great a rigidity of pattern.

6. The Future

The success of this venture will depend ultimately upon the people who compose the examination papers. They, more than anyone else, set the pattern of teaching and study. They have it in their power to forward the changes in science education which are needed by moving ever increasingly towards tests which ensure that the candidates are constrained to show that they have thought and can think both critically and creatively.

It has been said that while "universities are concerned with subjects, industry is concerned with problems". In developing countries it is unquestionably the problems, not the subjects which should matter. At the present moment these problems of development, even the very idea of development, find no strong echo in the type of physics, chemistry or biology taught in the schools. It may be that the whole structure of school science education should be totally remodelled, that it should be thought out afresh with the concept of development, its aims, its needs, as the core around which everything else is built. In the present syllabus the authors have attempted to lay particular stress upon those aspects of biology which appears to be relevant to development. This is, perhaps, a slight step forward; a far more fundamental change may well be needed.

References

Nwana, O. C. (1967). *Teach. Educ.* **8**, 20.

Report (1959). *Report of an Enquiry into the Suitability of the General Certificate of Education Advanced Level Syllabuses in Science as a Preparation for Direct Entry into First Degree Courses in the Faculty of Science.* Report of the Biology Panel, University of Birmingham, Edgbaston.

La Biologie au "General Certificate of Education-Advanced Level" dans les pays Ouest-Africains : un nouveau programme

D.W. Ewer

(Résumé)

En 1965 fut entreprise une refonte, dans sa forme et dans son contenu, de l'enseignement de la biologie dans les classes terminales de l'enseignement secondaire des pays ouest-africains de langue anglaise, afin d'adapter l'enseignement de la Biologie aux problèmes de ces pays en voie de développement.

Les acquisitions des élèves qui passent en "sixth form" sont essentiellement descriptives : l'évolution, la génétique et l'écologie n'ayant pas été abordées ils n'ont aucune idée de la nature de l'activité scientifique ni des caractéristiques du témoignage scientifique.

Dans l'impossibilité où l'on était de procéder à la réforme systématique de l'enseignement de la biologie dans l'ensemble du secondaire, on a expérimenté en classes de préparation au "General Certificate of Education - Advanced Level" un changement d'orientation, quitte à l'étendre ultérieurement à l'ensemble du système.

Différents principes ont guidé la mise en œuvre du nouveau programme :

- les pays ouest-africains étant presque exclusivement agricoles, l'écologie devait constituer le thème central ;

- le contenu des cours serait tel qu'il recouvrirait les besoins des élèves dont l'éducation, n'irait pas plus loin ;

- l'accent serait mis sur la recherche expérimentale, ainsi que sur une approche quantitative et analytique des sujets.

Puisque l'écologie constitue le thème central de ce nouveau programme, ses auteurs ont écarté l'étude de l'anatomie comparée. Les différents organismes ne sont plus étudiés isolément : à partir de la notion de nutrition par exemple se posent les problèmes de l'influence du milieu sur le nombre, la diversité, la répartition : toutes notions utilisables en vue d'une meilleure compréhension de l'écologie humaine. Grâce à ce type d'enseignement, les élèves sont amenés à reconnaître, par leurs propres observations si possible, qu'un certain nombre de relations existent au sein du monde, qu'ils peuvent les comprendre et les contrôler.

En ce qui concernait les épreuves auxquelles sont soumis les candidats, on s'est donné pour objectif de ceux-ci qu'ils montrent non pas une certaine somme de connaissances plus ou moins bien assimilées, mais plutôt d'une réelle compréhension des faits scientifiques.

La Biología en el "General Certificate of Education -Advanced Level" en los países del oeste de Africa : un nuevo programa

D.W. Ewer
(Resumen)

En 1965 emprendieron una reforma, en el fondo y forma, de la enseñanza de la biología en las clases terminales de segunda enseñanza de los países del oeste de Africa de habla inglesa, con el propósito de adaptar la enseñanza de la biología a los problemas de dichos países en vías de desarrollo.

Los conocimientos de los alumnos que ingresan en "sixth form" son descriptivos esencialmente : la evolución, la genética, la ecología, no han sido tratadas, todavía, y los alumnos no tienen idea de la naturaleza de la actividad cientifica ni de las características del testimonio científico.

En la imposibilidad en que se estaba de proceder a la reforma sistemática de la enseñanza de la Biología en toda la enseñanza segundaria, se ha experimentado en clase de preparación del "General Certificate of Education - Advanced Level" un cambio de orientación bajo reserva de extenderla posteriormente a todo el sistema.

Distintos principios han dirigido el establecimiento del nuevo programa :

- siendo casi exclusivamente agrícolas los países del oeste de Africa, la ecología debía constituir el tema central.

- el contenido de los cursos sería tal que cubriría las necesidades de los alumnos cuya educación en biología allí se interrumpiría.

- el enfoque sería dirigido sobre la investigación experimental y el aspecto cuantitativo y analítico de los temas.

Ya que la ecología constituye el tema central de este nuevo programa los autores han dejado de lado el estudio de la anatomía comparada. Los distintos organismos no son ya estudiados por separado: por ejemplo, a partir de la noción de nutrición se plantean los problemas de las relaciones e inter-cambios, la influencia del medio en el número, diversidad y repartición : nociones aprovechables con miras a una mejor comprensión de la ecología humana. Gracias a esta clase de enseñanza los alumnos están inducidos a reconocer, con sus propias observaciones si es posible, que unas cuantas relaciones existen en el mundo, y que es posible entenderlas y dominarlas.

En cuanto a los exámenes a que someterán los alumnos, el objetivo es obtener de ellos que den pruebas no de cierta suma de conocimientos más o menos bien asimilados, sino de verdadera comprensión de los hechos científicos.

Paper presented at the International Meeting on Environmental Education in School Curriculum, sponsored by IUCN and Unesco

BIOLOGICAL EDUCATION IN RELATION TO MANPOWER REQUIREMENT IN THE WESTERN STATE OF NIGERIA

by

V. Ninan
Senior Education Officer
Ministry of Education - Ibadan
Western State of Nigeria

INTRODUCTION

Concern for Science education is international, though the present day reform movements emerged within the last two decades at National levels. Influence of such movements in America and Europe reached beyond their home continental level providing an awareness for curricular reforms in other continents : such as Africa, Asia, Australia and Latin America. Various school curriculum adaptation programs and centers in Africa, Asia and Australia are the direct result. Biological education, stretching its past from the Aristotelian era, has been subject to revision exercises at various stages and times. International programs of the Biological Sciences Curriculum Study and of Nuffield Biology Project, to mention a few, made an impact on other participating countries including the Western State of Nigeria.

WESTERN STATE OF NIGERIA

Republic of Nigeria with her estimated population of over 55 million, distributed among 12 states, is one of the densely populated countries in Africa. Western State with a population of over 10 million, has a land area of 29,100 sq. miles, and is divided into five Administrative Provinces. The predominant ethnic group in the state is the Yoruba, one of the major tribes in West Africa with a long history of cultural heritage. Educationally the state is more advanced than many other states in Nigeria.

The 16 year educational pattern from Primary to undergraduate level (in pure science or arts), is comprised of six year Primary, five year Secondary, two year Higher Secondary and three year undergraduate programs. However, the duration varies for technical subjects at the University level. There is provision for above average children to join Secondary school a year earlier. Some students may join the university without going through Higher School Certificate course. Such students spend a year of preliminary course before joining the university. Religious composition of the state is Christians 48.4%, Moslems 42.1% and others 9.5% of the total state population (Anon, 1968).

The State has 4,000 Primary Schools, 498 Secondary Schools, including Secondary Grammar, Secondary Modern and Junior Higher Schools, and 21 Teacher Training Colleges of various levels. There are two Universities and a technical College within the state (Anon. 1968). At primary and secondary levels administration and inspection are carried out by the State Ministry of Education and state school board.

In view of the vast natural resources, economic growth and the complex mixing of cultural, educational, socio-economic and religious backgrounds of the various ethnic groups in the state, biology curriculum at secondary level demands special consideration.

TEACHING OF BIOLOGY AT SECONDARY LEVEL

Biology is taught as a separate subject from class three of secondary schools though certain aspects are included at the primary level in the Nature study, and in Primary Science, in some schools. It is also included in the general Science program of the first two years of secondary schools. From years three to five a common West African School Certificate Biology Syllabus is followed. Classroom teaching involves three to four periods of 40 minutes duration each per week comprising theory, practical and some field work. School Certificate Syllabus includes a general treatment of Morphology, Anatomy and Physiology based on a named mammal and a flowering plant. Some aspects of ecology, a few types of lower plants and animals, heterotrophic nutrition and micro-organism are included in the syllabus. There is an attempt to touch some aspect of genetics in class three to five (Anon. 1969). Examination comprises a 75 minutes written paper, a 75 minutes objective test and a practical of 120 minutes. The papers are being set and marked by a common body, the West African Examinations Council.

The New Higher School Certificate Biology Syllabus introduced by the West African Examinations Council is ecologically based on a producer-consumer basis. The six parts of the syllabus are organism and energy, diversity of organisms, organism in its environment, distribution interrelations and abundance of organisms, Man and his biological environment, origin of diversity, heredity and evolution. Within this framework the architecture of a flowering plant and a mammal is dealt in detail. The syllabus also includes classification study, physiology and morphology. Adequate emphasis is given for the quantitative approach and experimentation (Anon. 1967c).

Several biology programs are on trial in the state towards the biology teaching and curriculum development at secondary level. Some are under direct supervision of the state Ministry of Education while others with the participation of various other bodies such as the Science Teachers Association of Nigeria, comparative Educational Studies and Adaptation Center of the University of Lagos, UNESCO Biology Pilot Project for the improvement of Biology teaching in Africa, and the Nuffield Science Project.

(i) CESAC (Comparative Educational Study and Adaptation Center).

About 40 Secondary Schools in the Western State are participating in the trial of Aiyetoro General Science for year One and Two of Secondary Schools. Biology units are included in the Second year with inquiry approach. This is an adaptation based on the B.S.C.S. developed at the Comprehensive High School, Aiyetoro, Western State. Financial participation is from the Ford Foundation, through the CESAC. Separate units on Physics, Chemistry and Biology are combined into two sections, one for year One and the other for year Two (Anon. 1967c).

IBADAN NUFFIELD TRIAL

Material for the Nuffield biology trial, developed in Ibadan with the financial participation from the CREDO through the Science Education department of the British Council in Ibadan has been on trial in class two of six selected secondary schools in the state. Units comprised of "looking at things around", Insects and Reproduction. Inquiry and experimental approach was followed all through.

UNESCO BIOLOGY PILOT PROJECT

Twelve units for secondary classes one and two, developed by the Regional Planning Seminar and International Working Group of the Unesco Biology Pilot Project for Africa, are being tried in six selected secondary schools in the state. Program is supervised by the Federal Ministry of Education through the Biology Study Group. The project is financed by the Science Teaching Division of UNESCO (Ninan, 1967).

SCIENCE TEACHERS' ASSOCIATION OF NIGERIA

STAN is actively engaged in revising the existing biology curriculum for secondary schools in Nigeria with the financial support from CESAC and British Council (Anon. 1970).

Supporting programs are organized by the Western State Ministry of Education directly as well as through other bodies such as the STAN, British Council Science Teaching Center, Pilot Project Study Group, and CESAC. Programs include In-Service Training Course for biology teachers and laboratory staff, Audio-Visual programs. Seminars, Interschool Programs, Science Fair and Visits to biologically important places.

AIMS AND OBJECTIVES IN BIOLOGY TEACHING

One of the weaknesses of present day biology teaching could well be attributed to the failure on the part of teachers to formulate sound aims and objectives along with poorly equipped laboratory facilities and highly theoretical or too technical approach (VOSS and BROWN, 1968). Whatever is done in the classroom can only be measured by the objectives which themselves are criteria of quality . Environment plays an equally important part in the pupil's learning process together with the sociological factors within the classroom. In an attempt to evolve a suitable biology curriculum for the secondary schools in the Western State of Nigeria, various socio-economic aspects of the state demand adequate consideration. A close study of some of the major biological disciplines within the state would provide useful information.

AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES

Western State is predominantly agricultural. Specific objectives of Agricultural Development Policy of the state include improvement in quality and quantity of products, foreign exchange earning, supply of raw materials for local industries, increase in employment opportunity in Agriculture and Livestock production (Anon. 1970b).

Shortage of skilled manpower has been one of the major factors hindering expansion and effective utilization of the capacity of various agricultural establishments. Establishments requiring Senior, Intermediate, skilled and Residual manpower include Agriculture and Livestock Production, Agricultural Services, Forestry, Logging and Inland fishing apart from the demand at the various training and research institutions (Anon. 1965). With the anticipated increase in population, growing tendency for urbanization and industrialization, there is a possible danger of lowering the quality and quantity of food.

In its drive towards modernization, the economy of Nigeria will undergo fundamental structural transformation in which from being a primarily agricultural country it will, ultimately, become an industrialized one. One of the functions of Agriculture in Nigeria is to assist this transition particularly at the present state of Nigerian development (Anon. 1965).

FORESTRY

There is regional imbalance between forest resources on the one hand and demand for forest produce on the other. In view of the anticipated expansion of forest produce and connected industries, aspects of Forestry and Conservational Studies are vital in the School curriculum. Over 32 species of animals are either extinct, nearing extinction or depleted from the Nigerian soil. Some of the causes for depletion of species could well be attributed to a lack of awareness in the people, especially of the less educated class, lack of conservation study in the primary and secondary school biology curriculum. Destructive hunting of various forms, unplanned land use and destruction of wild life habitat are the chief causes.

FISHERY

Fishery is of great concern in the state as a production industry. Actual manpower figure is not available owing to peculiar problems involved, but estimated to be 100,000 people are based on the area of the former Western Nigeria (Anon. 1965).

HEALTH

In the field of health the situation is more pressing. Available statistics show that 1,007,250 out of an estimated population of 10,474,000 of the Western state underwent medical treatment during the year 1968, of which there were 139,552 cases of hospital admission and 3,995 deaths.

For the same period there were 899 medical institutions, comprising general hospitals (including those for infectious diseases), Maternity Centers, Clinics and dispensaries with a strength of 2,035 medical staff comprising senior, intermediate and skilled manpower. (This figure excludes those from the University College Hospital). Among the most common communicable diseases in the area are the unclassified Dysentery, Measles, Whooping Cough, Pneumonia, Tuberculosis Bacillary , Chicken-Pox, Gonorrhoea, Infectious Hepatitis and Tetanus, and there were 3,248 cases of Leprosy in 1968 (Anon. 1968). Acute shortage of all categories of trained Manpower in the field of health could well be a limiting factor in the state's economic progress.

Western state is better off than many other states in Nigeria in respect of Manpower requirement in the field of Health.

With the present roster of over 1,000 practising doctors, Nigeria probably has more doctors than most of the other countries in Africa. But the number is not anything near what is considered adequate for the country's large population (Anon. 1970). According to W H O report (Baez, 1967), shortage of candidates for medical studies in many developing countries is mainly due to scarcity of secondary schools. Furthermore, the high rate of failure of medical students seems to be due to their insufficient preparation in the basic sciences. Consideration for adequate provision in secondary biology curriculum with a view to conserve potential manpower in the field of Health Services of the state is not out of place.

Scientific information has been doubling about once every eight years with the same pace as growth rate in school age population in developing countries while the total world population has been doubling once every thirty five years (Baez, 1967). Biology classroom must keep abreast with what is happening around. Developing countries are often faced with the following problems:

(1) Acute shortage of skilled manpower in various biological disciplines.
(2) Lack of funds for tapping natural resources to the full advantage.
(3) Challenge of a wide gulf with the developed countries regarding research facilities and technical knowhow.

In an attempt to adapt a secondary biology curriculum from a developed country without due consideration to the country's socio-economic background, there is a possible danger of incompatibility on account of the fact that scientific revolution affects the very texture of thinking of the common man and that the impact of science and technology does challenge traditions.

In the Western State, the high percentage of drop-outs at various levels of education together with the rate of population growth must be in the background in designing a suitable biology curriculum for secondary schools. Not only a careful selection of biological facts and principles that are important, but also their sequence. A biology curriculum which is out of context to a nations' economic growth and manpower requirement is unrealistic. In an attempt to develop a suitable biology curriculum for secondary schools in the Western State the following guide lines merit consideration.

(1) Aims and objectives are to be clearly laid out and the period of plan must be limited.

(2) It is advisable to divide the secondary level into three stages namely:
   (a) Lower secondary for age-group 11, 12, and 13.
   (b) Middle Secondary for age-group 14 and 15.
   (c) Higher Secondary for age-group 16 and 17.

(3) The society into which the pupil is being trained to enter must always be the primary consideration.

(4) Curriculum must be flexible and dynamic to accommodate the socio-economic variations within the state as well as to imbibe from other parts of the republic and beyond.

(5) Adequate provision is to be given for the realization of biological responsibilities in the environment in which he or she is a part.

(6) Inquiry approach, experimentation and field work must be the dominant factors all through.

(7) Through the curriculum pupils should be made aware of the economic development and manpower need of the country in the various biological disciplines.

   (a) Lower secondary biology could include aspects on environmental and conservational study, agriculture, health including the study of human body along with other aspects.

   (b) Middle secondary level could give more emphasis on laboratory techniques in microbiology, ecology, genetics and aspects on physiology.

   (c) Higher secondary must adequately prepare the pupil to enter into higher levels of learning. There must be provision for proper basic understanding of the physiological, genetical and ecological principles. There must be proper emphasis for project work at this level. This project dominated curriculum could include biogeography and economic biology.

(8) Examination pattern must lay more emphasis on practical work, experimental designs, originality in thinking and project evaluation. Periodic assessment by classroom teacher should be taken into account in the final attainment of the pupil.

(9) Supporting programs should be carefully chosen to embrace :
   (a) experimental school farm
   (b) excursion to farm settlements and industries of biological disciplines
   (c) organization of seminars, special lectures, inter-school participation, Science Fair, biology films and other opportunities for exhibiting the pupils' skill in biology.

Curriculum work will have to be supported by adequate preparation programs such as pre-service and in-service training for biology teachers and laboratory staff. The trend should be away from authoritarian teaching and rote memorization towards more emphasis on inquiry and experimentation, discovery and fostering of the spirit of science, in an attempt to evolve a dynamic curriculum in the background of the state's manpower requirement.

ACKNOWLEDGEMENT

The author is grateful to Dr. A.M.Fagbulu, Chief Inspector of Education, Western State of Nigeria, Chief J.B.O. Ojo, Principal Government College, Ibadan and Mr.V.J. Jacob for their comments in preparing this paper. The assistance received from the Western State Ministries of Education, Agriculture, and Health, Federal Department of Forestry Research and the Department of Forestry, University of Ibadan is gratefully acknowledged.

REFERENCES

1. Anonymous (1965).- Agricultural Development in Nigeria 1964-80. Report by F.A.O.
2. Anonymous (1967a).- Annual Abstract of Education statistics VII Ministry of Economical Planning and Social Development, Western State of Nigeria.
3. Anonymous (1967b).- Statistical Abstract. Ministry of Economic Planning and Social Development, Western State of Nigeria.
4. Anonymous (1967c).- Advanced notification of new syllabuses for the General Certificate of Education. Advanced Level Examinations in Biology, Geography, Mathematics and Physics. The West African Examination Council.

5. Anonymous (1967d).- A teacher's guide for General Science for the Comprehensive Secondary School Form I. Science Department, Comprehensive High School, Aiyetoro, Nigeria.

6. Anonymous (1967e).- A teacher's guide for General Science for the Comprehensive Secondary School Form II. Science Department, Comprehensive High School, Aiyetoro, Nigeria.

7. Anonymous (1968a).- Statistical Abstract X(1 et 2), Ministry of Economics Planning and Social Development, Western State of Nigeria.

8. Anonymous (1968b).- Annual digest of Education Statistics VIII. Ministry of Economic Planning and Social Development, Western State of Nigeria.

9. Anonymous (1969).- General Certificate of Education and School Certificate Regulations and Syllabuses for the examination in Ghana, Sierra Leone and the Gambia. The West African Examinnations Council.

10. Anonymous (1970a).- Nigeria Year Book. Times Press Limited.

11. Anonymous (1970b).- Agricultural Policy in the Western State Ministry of Agriculture and Natural Resources, Secrétariat, Ibadan.

12. BAEZ A. (1967).- Science Education. Improving the teaching of Science with particular reference to Developing Countries. Working Paper S T D/8/1A.

13. NINAN V. (1967).- Report on the Regional Planning Seminar of the UNESCO Biology Pilot Project for Africa. STAN.J.

14. VOSS, B.E. and BROWN S.B. (1968).- Biology as inquiry. The C. V. Mosley Company, Saint-Louis.

L'enseignement de la Biologie en rapport avec les conditions de main-d'œuvre dans l'Etat de l'Ouest de la Nigeria

V. Ninan
(Résumé)

L'orientation de l'enseignement de la Biologie dans l'Etat de l'Ouest de la Nigeria est présenté en arrière plan de la situation de la population, de son niveau socio-économique et des conditions de main-d'oeuvre. Divers projets de l'étude de la Biologie et les programmes s'y rapportant sont discutés au cours de cet article ; les disciplines biologiques telles que l'Agriculture et la Santé sont examinées en détail.

L'Etat de l'Ouest avec une surface d'environ 75.000 km^2 et une population estimée à 10 millions, possède 4000 écoles primaires et 498 écoles secondaires en y incluant les petites classes secondaires ainsi que les collèges modernes et classiques. Etant donné les problèmes d'enseignement particuliers : influence de l'environnement, niveau socio-économique et conditions de main-d'œuvre, des lignes directrices sont présentées pour permettre la réflexion en vue d'une ébauche de programme de Biologie adapté aux écoles secondaires de l'Etat de l'Ouest de la Nigeria.

La enseñanza de la Biología en relación con las condiciones de mano de obra en el estado del oeste de Nigeria

V. Ninan
(Resumen)

La orientación de la enseñanza de la biología en el estado del oeste de Nigeria está presentada en segundo plazo de la situación de la población su nivel socioeconómico y las condiciones de mano de obra. Varios proyectos del estudio de la Biología y los programas referentes a ella se discuten en este artículo ; las disciplinas biológicas como Agricultura y Sanidad quedan examinadas detenidamente.

Con una superficie de unos 75.000km^2 y una población de 10 millones, tiene 4000 escuelas primarias y 498 segundarias, incluídas las clases segundarias de escaso efectivo, así como los colegios modernos y clásicos. Dados los problemas de enseñanzas particulares : influencia del medio ambiente nivel socioeconómico y condiciones de mano de obra, se presentan lineas directrices con objeto de pensar bien el problema en vista de iniciar un programa de Biología adaptado a las escuelas segundarias del Estado del Oeste de Nigeria.

Reprinted from *Second Asian Regional Conference on School Biology, Tokyo, August 1968*, p. 99-110

Science Education Centers in Japan

by

Hisao Morikawa
Head, Science Section
Tokyo Metropolitan Institute for
Educational Research and In-Service Training

BACKGROUND

In August, 1953, the Science Education Promotion Law was passed. Since science education has an important role in the formation of a cultured nation, the objective of this law is to promote science education in order to train capable citizens. This law states the duty of the State in Article 3:

"In accordance with the provisions of this law and other relevant laws and orders, the State shall encourage the local bodies to promote science education through the methods itemized below as well as making efforts itself to promote science education:

1) Set up a well-rounded program for the promotion of science education;
2) Promote the improvement of contents and methods of science education;
3) Improve facilities and equipment for science education, striving for their repletion;
4) Set up a program and carry it through for the in-service training of science teachers and their leaders as well as for the training of prospective science teachers."

Articles 4-8 deal with the Science Education Council. They include the following: to establish a Science Education Council in the Ministry of Education consisting of twenty members upon recommendation by the Minister of Education. The Council is to do necessary research and to deliberate on the matters mentioned in the respective items of Article 3 and on other matters relating to science education, and to make proposals thereon to the Minister of Education. Article 9 states provisions concerning national aid. "In cases where the authorities of a school (public or private) intend, through consultation with the Council, to up-grade equipment which is below standards, the State shall make a grant-in-aid amounting to one half of the costs to school concerned within limits of its budget.

In August, 1953, the Minister of Education requested the Science Education Council, which was organized in 1953 as provided for the Science Education Promotion Law, to consider the following points:

(a) Standards for science equipment at primary, lower and upper secondary schools, and at schools for the blind and for the deaf.

(b) Concrete measures for the promotion of science education at primary, lower and upper secondary schools.

A report on item (a) was made by the Council in October 1954. Based on this report, standards for science equipment were established by Cabinet orders and Ministerial ordinance in December of the same year. According to those standards, State aids were started in the same year for primary, lower and upper secondary schools and schools for special education.

This standard for equipment was revised in 1966 by the report of the Council to come up to the improved content of science education. Since then, the rapid development of scientific techniques and improvements in science education content have again made it necessary to revise the standards. The new standards for science equipment is in effect from 1966.

On inquiry (b) the Council, after they had reported on Standard in 1954, did research and deliberated on all aspects of science education and made one report after another. Those in improvement of training and retraining programs for science teachers and of content and materials in science education were the major ones among those reports.

The science education equipment has regularly been provided for schools with national aid. It was pointed out that the quality of teachers is a decisive factor in improving science education. Thus the Ministry of Education and the local education council of each prefecture and metropolis started in 1958 their five year project on in-service science teacher training. In this project, teachers in primary and in lower and upper secondary schools attend week long seminar during summer vacation in order to improve techniques in guidance, experimentation and observation. It proved to be quite effective, and, at the same time, made it known that in-service training needs to be done more continuously and systematically.

In August, 1959, the Science Education Council made a proposal to the Ministry of Education. In the latter half of this proposal the following are mentioned regarding science education center. As a central facility for in-service training of science teachers, there should be established one or more science education centers in each prefecture and metropolis.

The following should be the guideline for its establishment:

a) Purpose

Guidance on the practical side of science education should be emphasized in in-service training programs given at science education center.

b) Types of in-service training

The science education center should give both long-term and short-term courses on scientific experiment, night courses (for teachers) and the like.

c) Equipment
Standard equipment for laboratory experiment, observation and culture needed at each school and tools and machines to make teaching materials should be installed.

d) Management
The Education Council of each prefecture and metropolis supervises the Center with the cooperation of colleges and universities in its district.

In order to facilitate the establishment of the above-stated science education centers, the State should assume an active role such as by assisting in half of the cost. According to the above proposal, it was decided that the State should give Y 10,000,000 of grant-in-aid to prefectures and metropolis which undertakes the establishment of a science education center.

PRESENT SITUATION ON THE ESTABLISHING OF SCIENCE EDUCATION CENTERS

Starting in 1960, the number of science education centers established has increased year by year. As of December 1965, 33 science education centers have been established in 32 prefectures and metropolis areas out of the total 46 prefectures. The attached table lists names, locations, size, floor space, building cost, equipment costs, staff sizes and number of teachers receiving in-service training during 1964.

In recent years, there are increasingly more opinions heard that in-service training should be given not only to science teachers but also to teachers of technology, home economics, and other subjects and that centers for such in-service training are needed. Thus, since 1965, the policy of establishing science education centers was changed to that of establishing comprehensive education centers.

In 1965, science education centers in Iwate, Gumma, Ehime, Yamaguchi, and Nagano prefectures have enlarged their facilities, equipment and staff in order to become comprehensive education centers.

CHARACTERISTICS OF SCIENCE EDUCATION CENTERS

The Science Education Center is a central facility for in-service training of science teachers of primary and lower and upper secondary schools. It purports to improve the quality of science teachers and to strengthen their leadership ability.

The Science Education Center is established by a prefecture and/or a metropolis, according to the provisions of the minister's ordinance. The prefectural and metropolitan education councils manage their centers according to the regulations of the education council.

Though there are differences in centers as to their facilities, equipment, staff, project, etc., their general features are given here.

(1) Building: It is an independent ferro-concrete building, with an area covering from 1,000 to 4,000m^2 (average 1,800m^2). It has laboratories and preparation rooms for physics, chemistry, biology and earth sciences; library and reference room; a workshop for making teaching materials; lecture rooms; and other rooms. On the roof, an astronomical dome is installed. Many centers also have a botanical garden and a vivarium.

(2) Equipment: The Center is equipped with measuring instruments, tools and machines for laboratory experiment and for outdoor observation and research investigation, specimens, models, chemicals, glassware educational materials, and workshop tools for woodworking and metalwork. They are worth $55,000 on the average per center.

(3) Staff: There are specialists and their assistants in each field of science (Physics, Chemistry, Biology, and Earth Sciences), a director, a clerical staff, and auxiliary employees. The average staff number at each center totals 18.

(a) *Training and Retraining of Science Teachers.* Various types of courses are offered, depending on the school level (primary, lower and upper secondary), teaching subjects (physics, chemistry, biology and earth sciences) and the quality and experience of the teacher. These can be classified into three types according to the length of the course.

i) *Long-term course lasting from three to twelve months:* The attendants are limited to a small number of participants. They study the contents of teaching and the modernizing teaching methods.

ii) *Courses lasting for a week or so (40-50 hours):* They are given to large groups of teachers throughout Japan chiefly to train teachers how to relate experiments and observations to theories in their teaching. Seminars on PSSC and BSCS are usually given on a weekly basis.

iii) *Short courses for one day or a half day*: Only a selected subject is taken up in such courses. The course is carried out in such forms as an out-door survey of plants in the students' environment, astronomical observation, and the like.

Also there are cases where teachers attend courses on individual teaching materials, shortly before they begin to teach at school. In Iwate prefecture which has many remote and secluded places, specialists visit schools in such areas and transport experimental apparatus and materials in a light truck to give training to teachers at their schools.

(b) *Study of Science Education.* Along with training of teachers, such activities devising new techniques for teaching, developing new experiment apparatus, making surveys on teaching materials and research on pupils' learning, etc. Staffs of the centers throughout the nation have organized the Science Education Center Council. The Council holds two or three meetings a year for the reading of research papers and for conference.

(c) *Consultation for Science Education.* The Center consults with schools and teachers on matters of equipping and organizing the science room and its equipment, and on teaching materials.

(d) *Renting facilities to study groups of science teachers.* In some cases, the facilities of the center are made available on a rental basis to study groups of teachers for their meetings.

(e) *Adult education in the local community.* Lectures and film shows, and the like are given to parents and other people in the local community.

(5) Costs: All the expenses at the Science Education Center are paid from the budget of the prefecture. No fee is charged to teachers who attend the courses.

FUTURE PROBLEMS

In-service training programs at Science Education Centers have been very effective. However, there are many shortcomings which need improvement.

(1) Participants

(a) *Financial Allowances.* Some prefectures pay the participants for all travel expenses and for room and board. Others pay only part of these expenses. Although it is desirable to remunerate in full for travel and room and board, it becomes financially more difficult, as the number of attendants increase. It is hoped to establish permanent provisions in the prefectural budget for this.

In order to reduce the expense for room and board and to increase the study efficiency by concentrating the scheduled hours for the course, it is desirable to have a dormitory in connection with the Science Education

Center. Then, the training courses can be given in three sessions per day; morning, afternoon and evening. There are a few such centers with a dormitory. The installation and expansion of such facilities are one of the problems to be solved in the future.

(b) *Replacement of teachers attending the training courses.* It is not sufficient to offer courses only in summer vacation and on Saturday afternoons and Sundays when there are no classes. In cases where courses are offered during regular class hours during the week, other teachers usually take care of the classes of teachers who are attending courses, provided the course is a short one. Of course, this procedure entails some problems. If the course is a long-range one, there is the difficulty of getting budget sufficiently large enough to employ a substitute teacher and of finding such a substitute. Such condition needs to be improved.

(c) *Selection of participants.* There is not much difficulty in selection, except for cases where the school is unwilling to give a leave of absence to teachers who hold position of leadership. Such teachers are few in number and most of them are very eager to study.
However, it is rather difficult to force teachers who need re-training to attend such training courses. Consequently, many of these re-training courses are likely to be attended by those teachers who are relatively more devoted to science teaching. From our experience so far, however, teachers of lower quality with little enthusiasm tend to become more eager by attending such courses. Therefore, it is desirable to make the selection more deliberate and systematic for all teachers. Attendance at a course does not automatically give promotion advancement to the teacher.

(2) Staff

(a) *Status and working conditions.* Those staff members who give guidance to teachers at the Center were previously classroom teachers, guidance teachers, university professors and the like. Their status at a center differs in the different centers. The remuneration is not necessarily good. There are cases where income is lower than that which they had previously. This is a large obstacle in attracting excellent, well-qualified persons to a center.

(b) *The size of the staff.* Because the Science Education Center offers diverse projects, there is need to have specialists in every field. Also, assistants are needed to help the specialists in the maintenance and after-care of tools and machines used in experiment, observation, self-study, etc., in individual guidance, all of which requires much work. The present number of 18 members per center, as an average, is thought to be too small.

(c) *Training and self-study of the staff.* The staff members of the center need to have up-to-date understanding of scientific and technological development, research and developments in science education in other countries and the like. The following improvements seem to be necessarily in order that the staff may fully conduct such studies.

i) Increase the number of staff members at each center so that they can have enough time for study. Also, the advisability to make it possible for them to take a study leave every few years. At present, they are compelled to be very busy in preparations and in conducting training programs and thus have little time for their own study.

ii) Establish an institute or hold meetings for training and study of the staff. There is a demand for establishment of a central science education center in Tokyo which will carry out such projects as the training of leaders in science education, research on science education, collection and distribution of informations, development of teaching tools, etc. There are also requests to send staff members to study and to take inspection tours of science education in foreign countries. Sending staff members to universities in Japan for half a year or a year for training is considered to be a good policy.

At present, they make studies individually and report in a national conference meeting held two or three times a year. A part of the staff also can attend a week-long course administered by the Ministry of Education.

(3) Contents and methods of in-service training

(a) *Content of the courses.* Many of the courses given at the Science Education Centers last for 40 to 50 hours at the longest. Most of them last from one to two days. Inevitably, the subject matter of the courses are limited to a narrow area. It is difficult to offer courses covering all aspects in detail. Especially for beginning teachers, the demand is for guidance in experiment and observation — handling of apparatus, methods of experiment and observation. Therefore, courses with this emphasis are given most frequently. They have been effective for their purpose. However, there seems to be a lack in training them in a more important point; that is on how to guide students in the relationship between experiment, observation and theory.

There is a lack of cooperative relationships with the university which is necessary for refreshing the teachers' knowledge of recent development in the natural sciences.

(b) *Training methods.* Because there are many practical problems in giving training courses to a large number of students more than a week at a time, it is thought to be adequate to conduct a course for a week or a series of several sessions, each lasting for a few hours at a time, as it is practiced at present.

Although it is desirable to make full use of the facilities of the Center and to give training to as many teachers as possible, the present rate of operation is low. It seems necessary to raise this rate. Though it is hoped to make it possible for every teacher to receive retraining once in every few years, it seems to be financially difficult to do so, for this requires expansion of facilities and staff of Centers, the remuneration for teachers, etc., to a large extent. On the other hand, there are some prefectures where leading teachers become instructors of the training courses at the Center and assist the teachers at local schools cooperating with the Center. This should be expanded further in the future. A few prefectures have made such programs more systematic and set up 10 to 20 local centers. These local centers are located in a school in the local district. It is staffed with full-time or part-time member(s) to give assistance to science teaching in the district. This is another topic for further consideration.

At present, they make studies individually and report in a national conference meeting held two or three times a year. A part of the staff also can attend a week-long course administered by the Ministry of Education.

Appendix I Science Education Centers in Japan

Year of establishment	Name	Location	Total floor area (m²)	Cost (Y 1,000)			Composition of Staff					
				Building	Equipment	Total	Administrator	Training staff	Clerical staff	Technical staff	Auxiliary Employees	Total
1960	Chiba Science Education Center	189 Katsuragi-cho, Cniba-shi	1,651.3	47,307	9,640	56,947	1	8	3	—	—	12
”	Toyama Science Education Center	2238 Gofuku, Toyama-shi	1,328.7	29,790	16,065	45,855	1	17	5	—	1	24
”	Gifu Science Education Center	3-1 Onawaba Gifu-shi	1,663	29,220	14,383	43,603	2	11	2	—	1	16
”	Osaka Science Education Center	4 Karita-cho Sumiyoshi-ku Osaka-shi	3,764.1	141,790	56,047	197,837	7	14	9	6	2	37
”	Yamaguchi Science Education Center	2961 Kamiunorei O-aza, Yamaguchi-shi	1,568.7	28,508	11,460	39,968	2	9	2	—	1	14
1961	Iwate Science Education Center	Uedagrazutsumi, Morioka-shi	1,653	25,469	7,167	32,636	4	8	4	1	1	18
”	Tochigi Science Education Center	4-2-2 Sakura, Utsunomiya-shi	1,781.7	42,810	14,619	57,429	1	8	7	—	—	16
”	Gumma Science and Technology Education Center	1-1 Aramaki-cho Maebashi-shi	1,367.8	49,673	24,975	74,648	1	10	2	—	1	14
”	Nigata Science Education Center	Kamitokorojima Niigata-shi	1,264.7	47,625	22,187	69,812	2	16	2	1	2	23
”	Hiroshima Science Education Center	Motoura Niho-machi Hiroshima-shi	1,517.4	36,770	21,800	58,570	3	9	1	2	1	16
”	Kagawa Science Education Center	4-8, Takamatsu-shi	1,118.4	25,916	12,531	38,447	2	11	6	1	1	20

Appendix I Science Education Centers in Japan (2)

Year of establishment	Name	Location	Total floor area (m²)	Cost (Y 1,000)			Composition of Staff					
				Building	Equipment	Total	Administrator	Training staff	Clerical staff	Technical staff	Auxiliary Employees	Total
1962	Hokkaido Science Education Center	800 Miyanomori Kotoni-cho Sapporo-shi	1,666.8	42,820	12,900	55,720	3	12	2	2	1	20
"	Yamagata Science Education Center	1-9-30 Midori-cho Yamagata-shi	1,794.6	75,690	13,186	88,876	2	8	3	—	3	16
"	Ibaragi Educational Training Center	2182 Atago-cho Mito-shi	1,566.8	43,711	8,630	52,341	4	8	4	1	2	19
"	Ishikawa Science Education Center	20-1 Midorigaoka, Kanazawa-shi	1,191	41,000	13,176	54,176	1	13	2	2	1	19
"	Aichi Science Education Center	1-8 Shirakabe-cho Higashi-ku Nagoya-shi	1,142.7	336,000	21,000	357,000	3	8	3	1	—	15
"	Mie Science Education Center	Teragata-cho Yokkaichi-shi	5,510.8	57,262	1,935	59,197	1	6	2	1	1	10
"	Okayama Science Education Center	1250 Kadota Okayama-shi	1,010	26,291	4,402	30,693	3	6	3	1	1	14
"	Ehime Science Education Center	3-90 Shimizu-cho Matsuyama-shi	2,742	97,886	33,620	131,506	1	7	7	1	1	17
1963	Aomori Science Education Center	548 Sakuragawa Tsutsui, Aomori-shi	1,019	41,986	12,824	54,810	2	8	3	1	—	15
"	Saitama Science Education Center	1302 Nishijuku Mimuro, Urawa-shi	2,491.7	92,500	4,977	97,477	4	7	3	1	2	17
"	Kanagawa Science Education Center	4210 Fujisawa Fujisawa-shi	2,869.3	158,796	73,954	232,749	6	8	12	5	9	41
"	Wakayama Science Education Center	5 Shumoku-cho Wakayama-shi	1,482.3	61,730	8,305	70,035	3	6	5	—	1	15

Appendix I Scope of Science Education Centers in Japan (3)

Year of establishment	Name	Location	Total floor area (m²)	Cost (Y 1,000)			Composition of Staff					
				Building	Equipment	Total	Administrator	Training staff	Clerical staff	Technical staff	Auxiliary Employees	Total
1963	Kochi Education Center	568 Kamobe, Kochi-shi	2,586	88,205	10,620	109,825	4	6	3	—	2	5
"	Saga Science Education Center	157-5 Kihara Kitagawazal-machi Saga-shi	1,425	45,785	12,043	57,828	1	5	2	—	1	9
"	Nagasaki Science Education Center	2 Tateyama-cho Nagasaki-shi	1,057	31,430	11,808	43,238	1	9	3	—	—	13
1964	Miyagi Science Education Center	Koshiji Nagamachi Sendai-shi	1,254	45,443	14,697	60,140	4	4	2	—	3	13
"	Akita Science Education Center	297 Katanakajima Nida, Akita-shi	1,209	37,221	4,538	41,759	3	9	4	1	—	17
"	Fukushima Science Education Center	16 Satsukida Senouemachi Fukushima-shi	1,579.8	58,178	10,028	68,206	2	9	3	2		16
"	Nagano Education Center	11-453 Nomizojiri Idegawa, Matsumoto-shi	1,025	20,650	7,215	27,865	3	6	2	—	—	11
"	Sakai Science Education Center	1-3 Mozuakahata-cho Sakai-shi	3,282.9	154,680	11,476	166,156	3	13	2	—	—	18
1966	Tokyo Metropolitan Education Institute	1-5 Shinomegwo Meguro-ku, Tokyo	2,224.4	121,000	6,700	127,700	1	20	5	2	—	28
1965	Hyogo Education Training Center	Oji-cho, Nada-ku Kobe-shi	1,358.6	8,000	11,000	19,000	2	4	6	—	2	14
Total			60,077.5	2,202,142	419,907	2,722,045	83	303	124	31	41	582
Mean (1/3)			1,820.2	66,732	15,755	82,487		9				18

Appendix II

Number of Trainees in 1966 and Budget for Future Expansion

	1966 Trainees			Budget for Future Expansion		
	Elementary	Lower Secondary	Upper Secondary	Total	1966 (1,000 yen)	After 1966 (1,000 yen)
Chiba	4,336	3,752	1,864	9,952	2,043	15,699
Toyama	1,150	680	2,754	4,584	1,960	13,027
Gifu	2,700	1,695	962	5,257	2,000	22,350
Osaka	11,700	9,780	1,060	22,540	6,500	47,000
Yamaguchi	1,400	480	270	2,150	2,454	14,086
Iwate	3.300	1,550	600	5,450	1,000	17,000
Tochigi	5,410	2,767	900	9,077	2,880	15,210
Gumma	1,115	1,518	240	2,873	603	—
Niigata	1,900	1,900	900	4700	4,500	21,187
Hiroshima	2,614	1,346	658	4,618	4,100	—
Kagawa	2,056	1,016	465	3,537	3,100	24,000
Hokkaido	3,770	3,770	2,570	10,110	2,000	15,100
Yamagata	3,830	1,390	580	5,800	3,000	13,700
Ibaragi	1,193	404	280	1,877	1,300	45,000
Ishikawa	2,215	1,673	417	4,305	3,000	21,000
Aichi	1,216	1,620	740	3,576	1,750	2,000
Mie	395	453	120	968	1,000	20,140
Ehime	3,510	2,970	2,790	9,270	1,300	1,400
Aomori	2,952	1,038	48	4,038	3,120	4,588
Saitama	2,032	1,622	358	4,012	6,499	16,000
Kanagawa	2,688	1,024	512	4,224	12,000	85,914
Wakayama	1,290	1,380	420	3,090	3,000	4,200
Kochi	708	645	395	1,748	1,171	66,000
Saga	2,410	1,210	525	4,145	3,160	40,130
Nagasaki	1,600	1,650	480	3,730	3,200	44,992
Miyagi	1,054	890	200	2,144	2,000	—
Akita	3,448	2,384	745	6,557	2,667	50,000
Fukushima	3,240	1,260	266	4,766	—	13,110
Nagano	1,258	1,695	1,208	4,161	3,125	—
Sakai	1,903	120	47	2,070		—
Tokyo	865	650	695	2,210	26,276	83,568
Hyogo	823	1,137	1,269	3,229	2,000	17,000
Total	81,013	56,153	25,842	163,008	114,406	736,811
Mean (1/33)				4,940	3,467	22,328

Centres d'Enseignement Scientifique au Japon

Hisao Morikawa

(Résumé)

En Août 1953, une loi sur le développement de l'enseignement scientifique fut promulguée, demandant l'établissement de programmes adaptés, l'amélioration des méthodes d'enseignement, la création d'équipement et la formation des enseignants scientifiques.

Depuis 1960, le nombre des "centres d'enseignement scientifiques" a augmenté d'année en année. Ces centres sont destinés à la formation et au recyclage des enseignants des écoles primaires et secondaires. Il en existe en général un par préfecture ou ville importante. Ils sont composés de bâtiments indépendants, équipés de laboratoires et fonctionnent à l'aide d'enseignants spécialisés. Les stages peuvent varier en durée : de quelques mois à une demi-journée.

Cependant un certain nombre de problèmes se posent actuellement, qu'il faudra tendre à résoudre, en particulier : les frais de déplacement et de séjour de tous les stagiaires ne sont pas toujours entièrement pris en charge par les préfectures ; lorsque les sessions ont lieu durant l'année scolaire, il est nécessaire de prévoir du personnel de remplacement auprès des jeunes élèves ;il peut également se poser un problème de sélection.

En ce qui concerne le personnel spécialisé, à la disposition de ces centres, il faudrait qu'il puisse disposer d'un même statut, qu'il soit en nombre suffisant pour pouvoir se spécialiser et qu'il soit à même de continuer à étendre ses connaissances.

Il serait également souhaitable d'étudier et de revoir la teneur et les méthodes de tous ces enseignements.

Il faut donc user pleinement des facilités offertes par ces centres et les rendre plus efficaces.

Centro de Enseñanza Cientifica en el Japón

Hisao Morikawa
(Resumen)

En agosto de 1953 fue promulgada una ley sobre el desarrollo de la enseñanza científica, pidiendo que se establecieran programas adaptados, mejorasen los métodos de enseñanza y creasen equipo y formasen profesores científicos.

A partir de 1960, el número de "centros de enseñanza científica" aumentó año tras año. Estos centros están destinados a la formación y a la reconversión de los profesores de las escuelas de enseñanza primaria y segundaria. Por lo general hay un centro por prefectura o ciudad importante. Constan de edificios independientes, provistos de laboratorios y funcionan con ayuda de profesores especializados. Los cursillos de capacitación pueden variar en cuanto a su duración: de unos meses a medio día.

Sin embargo unos cuantos problemas se plantean hoy y habrá que tratar de resolverlos, especialmente : los gastos de viaje y estancia de todos los cursillistas no van siempre y en totalidad a cargo de las prefecturas ; cuando las sesiones se verifican durante el año escolar, es necesario prever personal de reemplazo y entre de los alumnos jóvenes. También puede plantearse el problema de selección.

En cuanto al personal especializado, a la disposición de los centros, sería conveniente que pueda disponer del mismo estatuto, esté en número suficiente para poder especializarse e incluso seguir ampliando sus conocimientos.

También sería de desear que se examine y repase el contenido y los métodos de dichas enseñanzas.

Hay que utilizar, pues, plenamente las facilidades que estos centros ofrecen y hacerlas más eficientes.

Reprinted from *Second Asian Regional Conference on School Biology, Tokyo, August 1968*, p. 117-120

Improvement Achieved in Biology Teaching by the Republic of China

by

Jong-Hsiang Yang
Experimental Center of Science Education
Provincial Hsinchu High School

The recommendations of the first conference on school biology have been translated by the Experimental Center of Science Education, Hsinchu Senior High School and sent to the biology teachers of all secondary schools in our country. The Center has received many responses to the improvement of our biology textbooks and teaching method.

On the other hand we are very pleased to inform you that the Government of the Republic of China has decided to carry out a program of 9 years compulsory education instead of 6 years. Besides, an effort for "reforming our education" has been made to improve both the sciences and the social education.

MOVEMENTS ON REFORMING SCIENCE EDUCATION IN ELEMENTARY & JUNIOR HIGH SCHOOL LEVEL

The reforming projects are under the leadership of the Science Education Committee, the Ministry of Education. A compilation team organized by educators, biologists, scientists and school biology teachers are working on the revision of the elementary and junior high school biological science textbooks. The team will greatly emphasize the students' scientific attitude of inquiry, laboratory works and field studies. A new set of biology textbooks for both elementary and junior high schools will be published for classroom use in the beginning of the 1968 academic year.

JUNIOR HIGH SCHOOL LEVEL — THE FUNCTION OF THE SCIENCE EDUCATION CENTER, CHINESE CULTURAL COLLEGE

A Science Center for research and reform in science education has recently been established under the direction of Dr. Ting-Pong Koh in the Chinese Cultural College, Taipei, Taiwan. The Center will continue the adaptation of the BSCS books for Chinese students which has been started earlier by Dr. Koh. The plans of the Center including the collection and study of materials from the following projects: Elementary School Science (ESS), American Association for Advancement of Science (AAAS), School Curriculum Improvement Study (SCIS) for K-6th grades, Intermediate Science Curriculum Study (ISCS) and Nuffield Project for 7th-9th grades. A comparative study of these materials will be developed, and some adapted experimental editions will be prepared for Chinese students.

The evaluation program of the BSCS Yellow Version of Chinese edition is quite extensive. Dr. Koh has received 3,000 sets of feedback with more than 50,000 items from teachers and students. Based on these feedback a revised edition will be prepared. Some of the new materials included in the BSCS 1968 edition will also be incorporated in this edition.

ACTION PROGRAMS OF THE EXPERIMENTAL CENTER OF SCIENCE EDUCATION HSINCHU SENIOR HIGH SCHOOL

The recommendations of the First Asian Regional Conference on School Biology has been translated into Chinese and sent to biology teachers of all secondary schools in Taiwan.

The Center has conducted the following action programs on the improvement of high school biology in China.

On Teaching Method. The Center has translated fifteen Invitations into Chinese which are selected from the BSCS Biology Teachers' Handbook. The translation has been published in the "Journal of the High School Science Education." Besides, the Center is also planning a demonstration meeting on this program this coming June. About 40 biology teachers from every part of the island will be invited to attend the meeting. We are expecting that the program will stimulate our biology teachers to develop new Invitations of their own.

The Center has also translated the chapter of the same book, "Constructing the Classroom Test," into Chinese. Since, no matter how lofty or desirable the objectives of a course of study is, the student is concerned with "what is tested for." A good achievement test should go beyond mere simple recall. It should aim at testing the students' ability to apply knowledge. We provide this translation as a reference for our biology teachers for construction of their new tests.

Some "Inquiry Films" for classroom discussion, suitable for use in this island are now being prepared by this Center. The films will be designed to arouse and encourage an attitude of inquiry. The films are intended to pose questions, raise problems and present experimental data in such a way as to encourage students' active participation. The idea of preparing the films of this kind are suggested from the BSCS Newsletter No. 32 "Announcements on BSCS Single Topic Inquiry Films." Two or more films will be completed by this Center on July.

On Teacher Training. The 1968 Winter Workshop of BSCS Laboratory Program for Senior High School teachers was held at this Center in February. Thirty well-experienced biology teachers from every country of the island participated in the workshop. The main aims of the workshop were: (1) to study the BSCS Laboratory Programs and to make an adaptation of them, that is, to develop the best suitable laboratory manual for use in this island; (2) to discuss the best ways for directing laboratory exercises with particular emphasis on how to instill the idea of "science as inquiry" into the minds of our students through the laboratory work.

PROBLEMS FACING CHINESE BIOLOGY TEACHERS

Problems caused by Admission Tests. For the past two decades, an increasing number of population and astonishing development in economics have produced a very serious educational problem in the Republic of China — a hot competition for entering a university or college. For the university graduation is regarded as a basic requirement for obtaining a desirable job and a comfortable life. The admission to any university is based only on the results of the Joint Entrance Examination given only once a year by the Ministry of Education.

The public ranking of a senior high school is mainly based on the number of students who have passed the entrance examination. Naturally, most of the teachers tend to put a great emphasis on training the students how to answer the entrance examination questions. The examination questions are prepared by the members of the Entrance Examination Committee, and they are paper work only. Furthermore, many of the questions appearing on the paper are always not desirable from the standpoint of science education. Therefore, most teachers and students have acknowledged the laboratory experiments as only as a waste of time. Most of the teachers and students would rather spend much more time working on the key to the questions on the entrance examination. This situation has seriously deflected the normal science education in our country.

Last year, the Experimental Center of Science Education has sent a few copies of the translation of "The Construction of Classroom Test" from the BSCS Biology Teachers' Handbook to the Joint Entrance Examination Committee. We hope that a set of well-designed achievement test would be prepared by the Committee so as to steer a successful direction for the developing of our science education. But we are very doubtful how much attention will be paid by the entrance examination test constructors of the Committee.

Problems caused by the low salaries of teachers. The salary of a secondary school teacher in Taiwan is, on an average, not more than 2,000 N.T.$ (50 U.S. $). Although we attempt to improve our teaching materials and textbooks, or develop some new set of teaching method, how can the teachers with such a low salary attain a satisfactory desire in teaching?

Problems caused by experiment preparations. In our country, the laboratory equipment is purchased with the students' tuition and laboratory fee. But, in most of the schools, it seems not sufficient to buy enough equipment. On the other hand, the lack of laboratory assistants in many schools forces the science teacher to prepare the laboratory work himself, so he often shows reluctance to conduct laboratory work.

CONCLUDING REMARKS

In order to teach biology as a science, the text and teaching method should be up-to-date. However, there are many other problems to be solved in this country. Many educators and teachers are making every effort to seek solutions to the problems. We believe that there will be much improvement in biology teaching in the near future.

Progrès accomplis dans l'enseignement de la Biologie par la République de Chine

Jong-Hsiang Yang

(Résumé)

Il était devenu nécessaire de rénover, en République de Chine, l'enseignement de la Biologie.

On s'y est employé en révisant les livres servant à l'enseignement dans les "Elementary" et "Junior High School" et en y introduisant des éléments d'enquêtes. d'expériences et d'études de terrain ; on a également adapté le BSCS pour les étudiants chinois.

Le Centre expérimental d'éducation scientifique "Hsinchu senior High School" a, de son côté, traduit le livre du Maître du BSCS de Biologie, provoqué la rencontre d'enseignants des diverses parties de l'ile, permis la réalisation de films d'enquêtes afin d'encourager une attitude de recherche des étudiants.

Quelques biologistes hautement qualifiés entreprennent également l'adaptation des programmes expérimentaux de BSCS.

Mais un certain nombre de problèmes se posent :

- examens d'admission dans les facultés : un nombre de plus en plus grand d'étudiants se dirigent vers l'Université et ils aimeraient pouvoir s'entrainer pour l'examen d'entrée. La traduction des "tests" du BSCS serait souhaitable.

- bas salaire des enseignants ;
- préparation des expériences : les crédits ne sont pas suffisants et dans beaucoup d'endroits les Maîtres doivent effectuer leurs préparations eux-mêmes.

Il convient donc de continuer l'effort de mise à jour et beaucoup d'éducateurs s'y emploient.

Adelanto en la enseñanza de la Biología realizada por la Republica de China

Jong-Hsiang Yang

(Resumen)

Hacía falta renovar la enseñanza de la Biología en la República de China. Y se esforzaron por ello, revisando los libros que sirven para enseñar en las "Elementary" y "Junior High School" e incluyendo en ellos elementos de investigaciones, experimentos y estudios de los terrenos. También se adaptó el BSCS para los estudiantes chinos.

Por su parte, el Centro experimental de educación científica "Hsinchu Senior High School" tradujo el libro del maestro del BSCS, suscitó el encuentro de profesores de las distintas partes de la isla, y permitió la realización de películas de investigaciones para incitar a los estudiantes a la investigación.

Algunos biólogos calificados en sumo grado están adaptando también programas experimentales de BSCS.

Pero se plantean unos cuantos problemas :

- exámenes de ingreso en las facultades : un creciente número de estudiantes se dirigen hacia la Universidad y desearían que les fuera posible prepararse para el examen de ingreso (sería de desear que fueran traducidos los "tests" del BSCS).
- bajos sueldos del cuerpo docente.
- preparación de los experimentos : faltan créditos y en muchas partes los profesores han de efectuar ellos mismos sus preparaciones.

Es conveniente pues perseverar en el esfuerzo de puesta al día y a eso se aplican muchos educadores.

THE INSTITUTE OF BIOLOGY AND THE TEACHER

D.J.B. Copp

General Secretary, Institute of Biology
41 Queen's Gate, London S.W.7.
United Kingdom

Founded in 1950, the Institute of Biology has now 6,500 members of whom 90% work in the U.K. To obtain Membership of the Institute a person needs either a degree in biology and three years' subsequent experience, or to have passed the Institute's own examination. Thus the Institute represents the interests of professional biologists of whom there are some 12,000 working in the U.K. Since 5,000 of these are employed in schools, technical colleges or colleges of education the Institute has taken considerable interest in the problems of teachers.

Keeping up to date with biological knowledge

The majority of teachers who have been trained as biologists want to keep up to date with their subject but find this more difficult to do so than do colleagues in research. Thus biologists in schools and colleges find attendance at symposia and meetings arranged by the Institute of Biology helpful in maintaining contact with current developments. Each year the Institute runs a symposium on a very broad topic : recent subjects have been "The Effects of Pollution on Living Material", "The Natural History of Aggression", "Biology and the Manufacturing Industries", "The Optimum Population for Britain" and "Biology and Ethics".

The report of the symposia are available to members at reduced prices and are commonly used for giving sixth form pupils an insight into the applications of biology and the problems such as pollution and population growth which need biological knowledge for their solution.

The fourteen branches of the Institute arrange meetings frequently on subjects such as "The Biology of Viruses", "Microbial Protein","Biologists in Forensic Science" and sometimes on topics such as "The Training of Biologists" and "Careers for Biologists". The branches also arrange visits to research institutes which allow teachers to see research in progress and perhaps obtain ideas for new demonstrations in class or for ways in which to relate parts of what they are teaching to applications in industry, agricultural practice, public health and the like.

The Institute of Biology has a journal "Biologist" which appears 5 times a year and besides carrying news of the Institute's activities has article of general interest, comment on current affairs in which biological matters are involved, and a wide range of book reviews. These are particularly helpful to teachers wanting a critical appraisal of new books to guide their reading.

The Biological Education Committee

The Royal Society and the Institute of Biology established in 1962 a joint committee to promote improvement in the teaching of biology at all levels. This committee has sponsored a wide range of activities most of which are described separately in subsequent sections. The Committee provides a means of providing informed opinion on matters such as the trend of changes in biological curricula (it has recommended the replacement of Botany and Zoology as A-level subjects by Biology), the provision of suitable in-service training, the problems of obtaining and keeping living organisms in schools and the facilities needed for the post-graduate training of biologists intending to teach.

"Journal of Biological Education"

In 1967 the Institute of Biology and the Academic Press launched the Journal of Biological Education, as a medium for the publication of articles and new items on the teaching of biology at all levels. The Journal has drawn on the experience of teachers and lecturers from many countries for its material. Besides giving news of developments in biological education the journal includes articles on the use of specific organisms for teaching and on techniques of culturing, measurement etc.

"Studies in Biology"

This series of booklets is produced for the Institute of Biology by Edward Arnold Ltd. and contains some twenty titles such as : Ecological Energetics ; Guts ; Muscle ; Population Dynamics ; Experiments ; Plant Taxonomy. Each is written by an authority and contains suggestions for further reading. Many have suggestions for suitable experimental work. Available in paperback editions at a low price, these books have been used throughout the world by teachers wanting to keep up to date.

"The Design and equipping of Biological Laboratories"

As the result of a conference, the Institute of Biology published a book, "Design of Biological Laboratories" which gives much useful information on the design and equipping of laboratories for teaching and research. Contact with the Scientific Instrument Manufacturers' Association enables the suppliers of equipment to be kept informed of the needs of users who are biologists.

Workshops and centres for biology teachers

The Institute of Biology acts as a co-ordinating body for workshops and courses for teachers, publishing each year a list of the major residential courses : there are between 25 and 30 each year. These courses are run by university departments, polytechnics, colleges and the Department of Education and Science. Many are related to "Nuffield" biology as are other non-residential courses. As the name "workshop" implies the emphasis is on practical work rather than lectures. The ability to try out new techniques and experimental methods is greatly welcomed by teachers as is the opportunity to discuss with others the day to day problems met by biology teachers.

During 1970, the Institute will be helping some dozen Universities to establish Biology Teachers' Centres. These will provide, usually in a biological department of a university, demonstrations and facilities to carry out experiments for use by teachers from the locality who attend in the late afternoon and evening once in two or three weeks. It is hoped that this contact with sympathetic university lecturers will help teachers become more competent and confident in carrying out techniques and in introducing new practical work in their schools.

The use of living organisms

The Biological Education Committee has been concerned with the problems faced by those wishing to use a range of living material in their teaching. A committee representing suppliers of material, education authorities and teachers has met to suggest ways of overcoming the difficulties of rearing, supplying and maintaining living things. With a grant from the Schools Council, a Research Fellow with secretarial and technical assistance has been added to the staff of the Centre for Science Education of Chelsea College, London; thus it is hoped that the wealth of experience existing in research laboratories on the culturing of various organisms can be interpreted to teachers for those plants, animals or micro-organisms which have potential for teaching. Attention will be paid to the logistics of ordering cultures from the commercial suppliers and the difficulties of maintenance on the basis of a five-day week during school terms only.

Careers in Biology

The Institute of Biology has produced "Biology as a Career" (now in its 5th edition) to help pupils and their parents. Biology teachers find this booklet useful in showing the range of careers available and the training available. Branches of the Institute frequently arrange discussions on careers with speakers from a range of employments and senior members of the Institute frequently attend local careers conferences to give advice to individuals.

The issue of "Biologist" for May, 1970 is devoted to "Courses and Careers" and contains a comprehensive list of employers of biologists in the U.K., details of full and part-time courses and articles on the likely future demand for biologists of various specialisations.

From time to time articles on the demand for biologists appear in "Biologist" and the Institute advises many publishers of careers annuals and handbooks on entries about biological employment.

Examinations

Universities and polytechnics offer a variety of courses for those wishing to follow a full-time course in biology but considerable numbers of young people do not go to a university but on leaving school take a post in industry or in a government research institute. Most of these assistants take a part-time course leading to a qualification such as the Higher National Certificate in Applied Biology. The scheme for the HNC in Applied Biology is run by the Department of Education and Science and the Institute of Biology, and the Institute is responsible for much of the detailed running of the courses. Those who obtain the HNC can continue their study on a part-time basis at an approved technical college and at the age of about twenty three take the Institute's own examination for Membership. Those who succeed can then use the qualification M.I.Biol., and are accepted by government and universities as the equivalent of university graduates. The schemes for the HNC in Applied Biology and for M.I.Biol. by examination are only operative in the U.K. but the Institute can and does give advice to biologists in other countries wishing to devise schemes of training for technicians or specialised groups of biologists.

Information services

A Wide range of bodies and individuals seek information or advice from the Institutes on matters biological. The Institute has a directory of consultant biologists and can usually either answer a query or suggest the person with special knowledge likely to be able to help, whether about biological education, contact with individual biologists or specialist research institutes, or indeed any matter connected with biology. Enquiries from biologists outside the U.K. are always welcome. The Institute has not only the goodwill of its 6,500 members to help with particular problems but also its connexion with the 90 specialist societies, such as the British Ecological Society or the Association of Applied Biologists, through the Biological Council, Enquiries should be sent to the General Secretary, Institute of Biology, 41 Queen's Gate, London S.W.7.

Availability of literature mentioned

Free to those outside the U.K.

- Biology as a Career
- Aims and Activities of the Institute of Biology
- M.I. Biol. by examination

from 41 Queen's Gate, London S.W.7.

"Design of Biological Laboratories"	21s. from Institute of Biology
"Journal of Biological Education"	£3 p.a. Specimen copy free on request to Academic Press, Berkeley Square House, Berkeley Square, London W.1.
"Studies in Biology"	8s. 6d. paper : 14s. cloth

- List of titles from Edward Arnold Ltd., 41 Maddox Street, London W.1.

Symposia volumes, various prices.

A list of early volumes is available from the Institute of Biology, and details of more recent volumes from Academic Press.

L'Institut de Biologie et l'Enseignant

D.J.B.Copp

(Résumé)

Les différentes branches du fonctionnement de l'Institut de Biologie sont décrites dans la mesure où celles-ci interfèrent avec l'enseignement de Biologie. L'Institut est composé de biologistes spécialisés et comme il représente leurs intérêts il est intéressé essentiellement par l'éducation à tous les niveaux. De nombreux exemples d'activités spécifiques sont décrites ; une aide peut être apportée aux biologistes d'autres régions qui désireraient recevoir des renseignements sur quelques points ayant des rapports étroits avec la Biologie en Grande-Bretagne.

El Instituto de Biología y el Profesor

D.J.B. Copp

(Resumen)

Describen a las distintas ramas del funcionamiento del Instituto de Biología en la medida en que éstas interfieren en la Enseñanza de la Biología. El Instituto está integrado por biólogos especializados y como representa sus intereses, se interesa por la educación a todos los niveles. Describen muchos ejemplos de actividades específicas. Sería posible ayudar a los bíologos de otras comarcas que deseasen recibir informes de algunos puntos estrechamente relacionados con la Biología en Gran Bretaña.

Documentation

DOCUMENTATION SUR LES ASSOCIATIONS, INSTITUTIONS OU PUBLICATIONS S'INTERESSANT A LA PEDAGOGIE EN BIOLOGIE/ DOCUMENTATION ON ASSOCIATIONS, INSTITUTIONS OR PUBLICATIONS CONCERNED WITH THE TEACHING OF BIOLOGY

1. ASSOCIATIONS INTERNATIONALES/ INTERNATIONAL ASSOCIATIONS

a) Répertoires généraux/General directories

- Répertoires internationaux de l'UNESCO sur les associations d'enseignants.

  UNESCO, 1961.

- The Year Book of the International Council of Scientific Unions.

  ICSU, Secrétariat, 7, Via Cornelio Celso, 00161, ROME.

- Commission Inter-Unions de l'Enseignement des Sciences du Conseil International des Unions Scientifiques (C.I.U.S.), Inter-union commission on Science Teaching the International Council of Scientific Unions (I.C.S.U.) 3 Boulevard Pasteur, Paris 15°.

  publie divers documents, notamment les rapports de ses Congrès (dernier paru sur l'Intégration des Enseignements Scientifiques, Congress on the Integration of Science Teaching, Droujba, 1968).

- L'UNESCO, Place de Fontenoy, Paris 7°, a organisé pendant deux années des séminaires dans le cadre du Projet-Pilote pour l'enseignement de la Biologie (Biology teaching pilot project), qui ont abouti à la réalisation de fiches pédagogiques, de films et matériel pédagogique varié.

  Ces documents peuvent être demandés au Département de l'Enseignement des Sciences de l'UNESCO.

b) Associations

- Asian Association for Biology Education (AABE)

  Science Education Center, University of the Philippines
  Benitez Hall, Diliman, QUEZON City.

- Association Européenne des Enseignants,
  18, rue d'Enghien, PARIS 10°, France.

- Fédération des Enseignants d'Afrique Noire,
  B.P.307, CONAKRY, République de Guinée.

- International Federation of Secondary Teachers,
  Yerdon House, 29, Gordon Square, LONDON WC1, G.B.

- New Education Fellowship,
  1, Park Crescent, LONDON WC1, G.B.

- Secrétariat Professionnel International de l'Enseignement,
  Place Fontainas 9-11, BRUXELLES 2, Belgique.

- World Confederation of Organizations of the teaching profession,
  1227 Sixteenth Street, N.W., WASHINGTON, DC, USA.

c) Publications

- Associations internationales/, International associations,
  Activités, Congrès, Publications. Mensuel / Monthly.
  1 rue aux Laines, 1000 BRUXELLES, Belgique.

- Bulletin du poste scientifique hors-siège de l'UNESCO pour l'Afrique,
  P.O. Box 30592, NAIROBI, Kenya.

- West African Journal of Education,
  Institute of Education, Univ. of Ibadan, Nigeria.

2. DOCUMENTATION PAR PAYS/DOCUMENTATION BY COUNTRY

Cette documentation, très inégale, ne concerne que quelques pays pour lesquels des indications ont pu parvenir en temps utile à l'Editeur (Prof. R. Heller, 1, rue Victor-Cousin, Paris 5°) : il est vivement souhaité pour les prochaines éditions que des données analogues soient fournies sur les autres pays.

AUSTRALIE/AUSTRALIA

Publications

- The Australian Science Teacher's Journal (Australian Science Teacher's Association)
  Sydney Teacher's College, University Grounds,
  Newton, New South Wales, Australia.

Ouvrages généraux

- Natural Science
  An integrated course to schools, prepared by the Science textbook group of the Science Foundation for Physics within the university of Sydney.
  Chairman : Professor Harry MESSEL
  Pergamon Press

BELGIQUE/BELGIUM/BELGICA

- Association Nationale des Professeurs de Biologie de Belgique,
  147, Avenue Paul Deschanel, BRUXELLES.

CANADA

- Science News, Science Publications of Canada,
  25 Hollinger Road, TORENTO 16, Ontario.

DANEMARK/DENMARK/DINAMARCA

- Foreningen af Gymnasiets og Seminariets Laerere i Geografi of Naturhistorie,
  Juliusveg 6, GENTOFFE.
- Naturhistorie og Geografi Laerere Foreningen,
  Abakkeveg 54, KØBENHAVN F.

ETATS UNIS D'AMERIQUE/UNITED STATES OF AMERICA/ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

a) Associations

- National Association of Biology Teachers,
  Indiana University, BLOOMINGTON, Indiana, 47405.

b) Institutions diverses

- American Institute of Biological Sciences,
  Journal : BioScience, mensuel
  3900 Wisconsin Av., N.Y., WASHINGTON, D.C. 20016.

- Biological Sciences (BSCS),
  Nombreux ouvrages et publications, notamment :
  . Edition des BSCS International News Notes
  . Edition des BSCS Newsletter
  Univ. of Colorado, P.O. Box 930, BOULDER, 80302.

- Commission on undergraduate education in the biological sciences (CUEBS),
  3900 Wisconsin Avenue N.W., WASHINGTON, D.C. 20016.

- Office of biological education (OBE),
  of the American Institute of Biological Sciences, même
  adresse que CUEBS.

c) Publications

- American Biology Teacher
  (National Association of Biology Teachers)
  Indiana University, BLOOMINGTON, Indiana, 47405.

- American Naturalist
  (American Society of Naturalists), Annex 15,
  Arizona State University, TEMPE, Arizona.

- American Scientist (Society of Sigma Xi),
  33 With, PRINCETON, New Jersey.

- Biological Sciences Curriculum Study Newsletter,
  (B.S.C.S.), P.O. Box 930, BOULDER, Colorado.

- Commission on Science Education Newsletter,
  (American Association for the Advancement of Science)
  1515 Massachusetts Avenue, N.E., WASHINGTON, D.C.

- Educational Technology (Educational News Service),
  P.O. Box 508, SADDLE BROOK, New-Jersey.

- Junior Natural History Magazine (American Museum of
  Natural History),
  79 th Street at Central Park West, NEW-YORK 24.

- Nature and Science - Teachers' Edition (American Museum of Natural History),
  The Natural History Press, Garden City, NEW-YORK.

- Quarterly Review of Biology (American Institute of Biological Sciences),
  2000 "P" Street, N.W., WASHINGTON, D.C.

- Science Curriculum Improvement Study Newsletter
  (S.C.I.S.), Department of Physics, University of
  California, BERKELEY, California.

- Science Education,
  University of Tampa, TAMPA 6, Florida.

- Science Education News, (American Association for the
  Advancement of Science Newsletter),
  1515 Massachusetts Avenue, N.W. Washington, D.C.

- Science Teacher, (National Science Teachers' Association)
  1201 , 16th Street, N.W., WASHINGTON, D.C.

- Science and Children (National Science Teachers' Association),
  1201, 16th Street, N.W., WASHINGTON, D.C.

- Science Teachers' Bulletin (Science Teachers' Association of New York),
  State University, Agr. and Tech. Institute, Alfred,
  NEW-YORK.

d) Ouvrages généraux

- Biology as inquiry, A book of teaching methods.
  by VOSS and BROWN, The G.V.Mosby Company Ed.,
  SAINT-LOUIS, 1968, 239 p.

- Sixth Report of the International Clearinghouse on Science and Mathematics Curricular Developments.
  J.D. LOCKARD Ed., Amer. Ass. for the Ad. of Science,
  Univ. of Maryland, 1968, 441 p.

FRANCE/FRANCIA

a) Associations

- Associations des Professeurs de Biologie et Géologie de l'Enseignement public (ancienne Union des Naturalistes)
  29, rue d'Ulm, PARIS 5°.

b) Publications

- Bulletin de l'A.P.B.G. (voir ci-dessus), trimestriel, publiant fréquemment des résultats d'expériences pédagogiques et des références bibliographiques.

- L'Information scientifique (Baillière éd.),
  19, rue Hautefeuille, PARIS 6°.

- L'Education Nationale et Documents pour la classe,
  Abonnement au S.E.V.P.E.N.
  13, rue du Four, PARIS 6°.

- La Nature, (Dunod Ed.),
  92, rue Bonaparte, PARIS 6°.

- Centre Audio-Visuel (C.A.V.),
  documents et matériel audio-visuel,
  2, Avenue du Palais, Ecole Normale Supérieure,
  92-SAINT-CLOUD.

- Cinémathèque, Service du Film de Recherche Scientifique
  Nombreux films scientifiques et scolaires. Catalogue sur demande.
  Office National des Universités et Ecoles Françaises
  96, Boulevard Raspail, PARIS 6°.

GHANA

- G.A.S.T. Bulletin (Ghana Association of Science Teachers) Mfantsipin School, CAPE COAST.

INDE/INDIA

- Viygyan Shikhak (Science Teacher),
  33, Chhatza Marg, DELHI 8.

JAPON/JAPAN

- Nihon Seibutsu Kyoiku-Kai,
  18 Otsuka-Sakashita-cho, Bunkyo-ku, TOKIO.

MALAISIE/MALAYSIA

- Scientific Victorian,
  Khee Mong Press, 214 High Street, KUALA LUMPUR.

MALAWI

- Malawi Science Teachers,
  P.O. Box 496, LIMBO.

MALI

- Association des Naturalistes du Mali,
  Président : R.P. Dauvergne
  B.P. 277, BAMAKO.

NOUVELLE ZELANDE/NEW ZEALAND

- New Zealand School Science (Auckland Science Teacher's Association),
  West lake, High School, AUCKLAND 2.

NIGERIA

- Journal of the Science Teacher's Association of Nigeria,
  Apataganga P.O. Box 1322, IBADAN.

OUGANDA/UGANDA

- Science Teacher's Journal,
  King's College, P.O. Box 121, KAMPALA.

PAYS-BAS/NETHERLANDS/PAISES BAJOS

a) Associations

- Velebi (vereniging van leraren in de biologie)/Association de professeurs de biologie),
  Secrétaire : Dr. S.R. Van Asperen de Boer
  Gerrit van der Veenstraat 15, AMSTERDAM.

b) Institutions diverses

- Onderxijscommissie van de Biologische Raad (Commission d'enseignement du Conseil Biologique qui constitue une section de l'Académie Royale des Sciences),
  Secrétaire : M. G.P. Hekstra
  Kloveniersburgwal 29, AMSTERDAM.

c) Centres d'études pédagogiques

formant un trait d'union entre les professeurs et le Ministère, ils stimulent les recherches pratiques concernant l'enseignement:

- C.P.S. (Christelijk Pedagosch Studiecentrum/Centre d'études pédagogiques chrétiennes),
  Secrétaire, Laan Van N.O.
  259, Indië, DEN HAAG.

- O.S.C. (Onderwijskundig Studie Centrum/Centre d'études de l'enseignement),
  Orange Nassaulaan 51, AMSTERDAM.

d) Professeurs de méthodologie de la Biologie des Facultés des Sciences de chaque Université :

- Université Libre d'Amsterdam
  Dr. M.A. Ljsseling
  Rozenhof 7, ZUTPHEN.

- Université Catholique de Nimègue
  M.F. Van Oostrum
  Parkweg 62, NIJMEGEN.

- Universités d'Etat d'Utrecht et de Leyde
  Dr. J.C. Van der Steen
  Marislaan 28, UTRECHT.

- Université d'Etat de Groningue
  M. A.J. Treffers
  Vosbergerlaan 35, EELDE.

- Université Municipale d'Amsterdam
  Dr. P. Vermeulen
  Wodanstraat 14, AMSTERDAM.

PHILIPPINES

- Science Bulletin ; Science for Schools (Science Foundation for the Philippines),
  1580 Taft Avenue Corner Herran, MANILA.

REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE/FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY/REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

a) Associations

- Verban Deutscher Biologen (VDB) e.v.,
  Vorsitzender : Prof. Dr. F. Schaller
  Geschäftsführer : Oberstudienrat G. Grasse,
  Iserlohn, Baastr. 38
  Schulauschub : Prof. Dr. F. Seidel, Marburg/Lahn.

- Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Arzte
  "Arbeitsgemeinschaft Deutscher Höhere Schule".

- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts,
  Vorsitzender : Oberstudiendirecktor Dr. Spanner
  8031 Gröbenzell, Puchheimerstrabe 19.

- Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität Kiel.

b) Publications

- Naturwissenschaftliche Rundschau, Stuttgart, (mit spezieller Beilage des Verbandes Deutscher Biologen).

- Die Naturwissenschaften, Springer Verlag/Heidelberg.

- Kosmos, Stuttgart (speziell für Lehrer and Höheren Schulen gedacht).

ROYAUME-UNI/UNITED KINGDOM/REINO UNIDO

a) Associations ou Institutions pédagogiques

- Association for Science Education,

  principal publication : Science Review.
  General Secretary : Association for Science Education, 52 Bateman Street, CAMBRIDGE.

- The Biological Council,
  (correspondence for the Biological Council should be sent c/o Institute of Biology, the address of which is given below).
  Chairman : M.J. Way, Imperial College Field Station,
  Silwood Park, Sunninghill, Ascot, Berks.

  Hon. Secretary : Prof. P.N. Campbell, Department of Biochemistry, University of Leeds, 9 Hyde Terrace, Leeds 2.

  Hon. Treasurer : P.A. Young, Welcome Research Laboratories, Langley Court, Beckenham, Kent.

- Institute of Biology,

  The main publication of the Institute is the quarterly Journal. Other publications include the Directory of Independent Consultants, Biology as a Career, and the annual Symposium.
  General Secretary, D.J.B. Copp, B.Sc.,
  41, Queen's Gate, LONDON S.W.7.

b) Sociétés scientifiques

- Association for the study of animal behaviour,
  Secretary : Dr Janet Kear,
  Wildfowl Trust, Slimbridge, GLOUCESTER.

  . Journal - Animal Behaviour.

- British Society for Cell Biology,

- British Ecological Society,
  Secretary : Dr. E.A.G. Duffey,
  The Nature Conservancy, Marks Wood Experimental Station, Abbot's Ripton HUNTS.
  Journals : 1. J. of Ecology,
  2. J. of Animal Ecology
  3. J. of Applied Ecology.

- The Centre for Educational Television Overseas,
  Secretary : Mr. J.W.R.Fox
  The Studio, Nuffield Lodge, Regents Park, LONDON,
  NW 1.
  A non-commercial organisation to help advance the education of children and adults in developing countries by means of television. It offers advice and training in the use of educational television to any developing country.

- The Centre for Curriculum Renewal and Educational Development Overseas,
  Tavistock House South, Tavistock Square, LONDON, WC 1.
  A non-commercial organisation which gives advice and assistance to schools in developing countries who are interested in the Nuffield Biology Teaching Project.

- Freshwater Biological Association,
  Secretary + Director : M.C. Gilson, Esq., M.A.,
  The Ferry House, Far Sawrey, AMBLESIDE, Westmorland.

- Marine Biological Association of the United Kingdom,
  The Director, The Laboratory, Citadel Hill,
  PLYMOUTH.
  Journal of the Marine Biological Association of the U.K.

- The Royal Entomological Society of London,
  Secretary : Dr. D.R. Ragge
  Journals : 1. Transactions of the Royal Entomological Society of London.
  2. Proceedings of the Royal Entomological Society.

- The Royal Microscopical Society,
  Secretary : Dr. S. Bradbury
  Tavistock House South, Tavistock Square,
  LONDON WC1.
  Journals : 1. J. of Royal Microscopical Society.
  2. Proceedings of the Royal Microscopical Society.

- Society of Experimental Biology,
  Secretaries : Dr. M.A. Sleigh,
  Department of Zoology, Univ. of Bristol,
  and Dr. B.C. Loughman
  Department of Agriculture, Parks Road,
  Oxford.
  Journals : 1. J. of Experimental Biology,
  2. J. of Experimental Botany,
  3. J. of Cell Science,
  4. New Phytologist.

- Society for General Microbiology,
  Journal : J. of General Microbiology.
  Associations for educational development.

c) Publications

- New Science Teacher,
  Annual Guinness Science and mathematics awards.
  Editorial Director : Maurice Goldsmith,
  The Witley Press Limited
  21 Church Street, HUNSTANTON, Norfolk.

- School Science Review (Sci.Masters'Assoc. and Assoc.of Women Sci. Teachers London),
  J. Murray Ltd, Albemarle Steet, LONDON WC1.

- Natural Science in Schools (School Nature Study Union),
  G. Philip and Son, Ltd. 32, Fleet Street, LONDON
  E.C. 4.

- The Science Teacher, Junior Club Publications, Ltd.,
  5, Great James Street, LONDON, W.C.1.

- Education in Science (Association for Science Education),
  52, Bateman Street, CAMBRIDGE.

- Science Education Newsletter (The British Council),
  Science Department, 59, Oxford Street, LONDON,
  W.C. 1.

- Teacher Education (Ed. University of London, Institute of Education, Malet Street, LONDON W.C.1.).
  Oxford Univ. Press, Press Road, Neasden, LONDON,
  N.W.10.

d) Ouvrages généraux

- Changing the Curriculum,
  edited by John F. Kerr, University of London Press
  L , St Paul's House, Warwick Lane, LONDON EC4
  1968, 112 p.

SUEDE/SWEDEN/SUEDIA

- Biologilärarnas förening,
  Fatbursgatan 18 A, STOCKHOLM SO.

TCHECOSLOVAQUIE/CZECHOSLOVAKIA/CHECOSLOVAQUIA

a) Institutions pédagogiques

- Pedagogical centres for methods and materials in Biology teaching (but not dealing exclusively with biology).

- Výzkumný ustav pedagogický (Pedagogical Research Institute).
  Praha 1, Mikulandská 5.

- Ústavy učitelského vzdělani při pedagogisckých fakultách university Karlovy v Praze a university Komenskéno V Bratislavě (Institutes for the Education of Teachers at Pedagogical Faculty of Charles University in Prague and at Pedagogical Faculty of Komensky's University in Bratislava).

- Učebni pomúcky (Teaching Materials),
  Praha 1, Staroměstské nám.25.

- Stálá výstava učebních pomúcek,
  Permanent Exhibition of Teaching Materials).
  Praha 1, Narodní třída 20.

- Vědecké filmy z biologie (Scientific films in Biology),
  Czechoslovak Scientific Film Association,
  Brno, Botanická 8.

b) Publications

- Přirodni vědy ve škole (Natural Sciences in the School).
  State Pedagogical Publishing House,
  PRAHA 2, Lazarská 8.

- Vysoká školá (High school = University).
  State Pedagogical Publishing House,
  PRAHA 1, Valdštejnské nám.1.

ZAMBIE/ZAMBIA

- Science Education News (Zambia Assoc. for Science Education), P.O. Box 1203, CHINGOLA.

S.C.E.R.T., West Bengal
Library
Calcutta
25/3, B. C. Road

Form No. 3.

PSY, RES.L-1

Bureau of Educational & Psychological Research Library.

The book is to be returned within the date stamped last.

....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....

WBGP-59/60-5119C-5M

Form No. 4

BOOK CARD

Coll. No.............. Accn. No. 2788

Author....................................

Title.......................................

Date.	Issued to	Returned on

371.3
UNE
V-III

$6; £1.80; 24 F

Plus taxes, if applicable
Taxes non comprises
[A.2838]